

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Міністерство освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

СКЛЯРЕНКО АНАСТАСІЇ ВІКТОРІВНИ

УДК: 502.172:631.961:332.12 (477.64)(043.5)

ДИСЕРТАЦІЯ

ЕКОЛОГО-БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕНЬ
САНІТАРНО-ЗАХИСНИХ ЗОН ПІДПРИЄМСТВ ЗАПОРІЗЬКОГО
ПРОМИСЛОВОГО РЕГІОНУ

101 – екологія
Природничі науки

Подається на здобуття наукового ступеня
доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ А.В. Скляренко

Науковий керівник Бессонова Валентина Петрівна, доктор біологічних наук,
професор

Дніпро – 2020

АНОТАЦІЯ

Склярєнко А.В. Еколого-біологічні особливості зелених насаджень санітарно-захисних зон підприємств Запорізького промислового регіону. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 101 «Екологія». – Дніпровський державний аграрно-економічний університет, Дніпро, 2020.

Дисертацію присвячено комплексному аналізу еколого-біологічних особливостей зелених насаджень СЗЗ одинадцяти промислових підприємств різного ступеня шкідливості Запорізького промислового регіону (Степова зона України). Умовним контролем слугували насадження, які знаходяться за 12 км від джерела забруднення.

Всі обстежені лісосмуги СЗЗ відносяться до конструкцій фільтруючого типу. Площа, яку вони займають відповідає нормам. Щільність насаджень варіює від 126 шт/га до 208 шт/га, що нижче норми. Найменший цей показник для захисних лісосмуг підприємств Склофлюс, Феросплавів та Вогнетрив, а найвищий – заводу Укрграфіт. Згідно даних супутника Landsat, з 1990 р. по 2000 р. щільність насаджень СЗЗ знижується й збільшується територія відкритого ґрунту. З 2000 р. по 2010 р. щільність зростає, і найбільш інтенсивний її підйомом спостерігається в інтервалі до 2018 року. Цей показник у СЗЗ таких заводів як Вогнетрив, Титано-магнієвий, Запоріжсталь, Дніпроспецсталь зростає переважно за рахунок заповнення території самосівом, а у СЗЗ інших підприємств – внаслідок висадки нових рослин, але кількісний показник їх не значний. У зелених насадження СЗЗ підприємств Запоріжсталь, Вогнетрив, Титано-магнієвий, Дніпроспецсталь значні площі займає підріст самосіву заввишки від 4 до 6 м таких деревних порід, як *Acer negundo*, *Ulmus carpinifolia*, *Robinia pseudoacacia*, *Ailanthus altissima*, який утворює щільні хащі, що заважає нормальній фільтрації повітря.

Встановлено, що асортимент деревних рослин санітарно-захисних насаджень промислових підприємств міста Запоріжжя налічує 49 видів. Їх кількість у лісосмугах СЗЗ різних підприємств суттєво відрізняється і варіює від 11 (Склофлюс) до 30 (Запоріжсталь). Найпоширеніші види дерев у насадженнях СЗЗ – *Robinia pseudoacacia*, *Ailanthus altissima*, *Populus alba*, *Ulmus carpinifolia*, *Morus alba*, *Catalpa bignonioides*, *Betula pendula*, *Populus simonii*, *Populus nigra*, *Acer negundo*. З них лише *Betula pendula* та *Populus nigra* належить до аборигенних видів. *Robinia pseudoacacia* – вид, який зустрічається в кожній захисній лісосмузі.

З'ясовано, що у захисних лісосмугах більшості підприємств переважають інтродуковані рослини. Найбільша їх представленість у зелених зонах заводів Феросплавний (99,2 %), Склофлюс (97,7 %), Запоріжсталь (97,5 %), Титано-магнієвий (96,1 %), Дніпроспецсталь (95,0 %), Вогнетрив (93,2%), а найменша – у насадженнях Абразивного (27,0 %) та Трансформаторного (45,6 %).

Всі види деревних рослин обстежених захисних насаджень СЗЗ відповідають умовам зростання, за винятком Трансформаторного заводу, де тільки половина рослин віднесена до посухостійких та відносно посухостійких рослин.

Аналіз подібності видового складу за Жаккаром і Серенсенем показав, що найменші значення цих коефіцієнтів виявлені при порівнянні зелених лісосмуг СЗЗ заводів Трансформаторний та Склофлюс. Висока ступінь подібності дендрофлори характерна для захисних насаджень підприємств Титано-магнієвого та Вогнетриву, а також Титано-магнієвого та Дніпроспецсталь. Це обумовлено тим, що вони створювалися в близьких часових межах (60-ті роки ХХ-ст.). Розраховані індекси видового багатства та домінування для кожної з досліджуваних зелених зон підприємств. Найбільші значення індексів видового багатства за Маргалефом і Шенноном виявлені для насаджень СЗЗ таких підприємств як Укрграфіт, Трансформаторний, Запоріжсталь та Алюмінієвий, найменші – для зеленої зони заводу Склофлюс. Найвищі показники індексу домінування видів деревних рослин як за Сімпсоном, так і за Бергером-Паркером

визначено у захисних лісосмугах заводів Абразивного, Склофлюс, Феросплавів, найнижчі – Укрграфіт та Трансформаторний.

Досліджено таксаційні параметри деревостанів СЗЗ підприємств. Найвищі дерева провідних порід (*Ulmus carpinifolia* та *Robinia pseudoacacia*) у захисних насадженнях СЗЗ заводів Трансформаторного та Укрграфіт – 20,1 – 26,0 м. У зелених зонах більшості підприємств їх максимальна висота 18,1 – 20,0 м. У деревостанах СЗЗ заводів Склофлюс та Коксохімічний найбільша висота рослини – 14,1 – 16,0 м, Феросплавів – 16,1 – 18,0 м. Дерев з найбільшими діаметрами стовбура зустрічаються в СЗЗ заводу Укрграфіт (до 112 см), а найменша їх максимальна величина, порівняно з захисними насадженнями інших обстежених СЗЗ, встановлена у зелених масивах заводу Дніпроспецсталь – 68,1 – 72,0 см. Дещо більші ці показники у рослин захисних лісосмуг Абразивного заводу – 84,1 – 88,0 см, та Запоріжсталь, Феросплавний, Склофлюс – 88,1 – 92,0 см. Головними деревними породами з найтовстішими стовбурами у всіх зелених насадженнях СЗЗ є *Populus nigra*, *Populus alba*, *Ulmus carpinifolia* та *Robinia pseudoacacia*.

Проведено аналіз дерев життєвого стану насаджень захисних зон. Найбільший відсоток дерев, що віднесені до категорії життєвого стану без ознак ослаблення, у захисній лісосмузі Трансформаторного заводу (20,13 % від числа рослин в лісосмузі). У СЗЗ підприємств Коксохімічний, Запоріжсталь та Феросплавний кількість середньо ослаблених та сильно ослаблених деревних рослин більша порівняно з обстеженими зеленими смугами інших підприємств. Ці заводи лідери Запорізького промислового регіону як за об'ємом виробництва, так і за кількістю викидів в атмосферу. На основі розподілу дерев за категоріями життєвого стану виділено стійкі їх види: *Ulmus parvifolia*, *Robinia pseudoacacia*, *Ailanthus altissima*, *Morus alba*, *Ulmus carpinifolia*, *Fraxinus lanceolata*, *Ulmus laevis*, *Populus alba*, *Platanus acerifolia*, *Picea pungens*. За величиною індексу відносного життєвого стану обстежені деревостани СЗЗ всіх промислових підприємств є пошкодженими, або ослабленими. Найгірша ситуація в лісосмугах таких заводів як Вогнетрив, Запоріжсталь, та Коксохімічний, а найкраща – Трансформаторного заводу.

Проаналізовано акумулюючу здатність листками деревних рослин таких аерополіютантів як сірка, хлор, фтор, феноли. Максимальну кількість сірки накопичують листки *Betula pendula*, *Tilia cordata*, *Salix alba*, *Robinia pseudoacacia*, *Populus alba*, *Populus simonii*, *Populus nigra*, хлору – *Acer negundo*, *Acer platanoides*, *Ailanthus altissima*, *Armeniaca vulgaris*, *Fraxinus lanceolata*, *Robinia pseudoacacia*, *Tilia cordata*, фенолів – *Ailanthus altissima*, *Betula pendula*, *Juglans regia*, *Populus alba*, *Populus nigra*, *Populus pyramidalis*, *Populus simonii*, *Elaeagnus angustifolia*, фтору – *Catalpa bignonioides*, *Ailanthus altissima*, *Acer platanoides*, *Populus nigra*, *Armeniaca vulgaris*, *Tilia cordata*, *Acer pseudoplatanus*, *Platanus orientalis*. Найінформативнішими фітоіндикатарами забруднення повітря сполуками сірки є листки деревних рослин – *Betula pendula*, *Populus nigra*, *Populus alba*, хлору – *Catalpa bignonioides*, *Acer negundo* та *Robinia pseudoacacia*, фенольних сполук – *Betula pendula*, *Catalpa bignonioides*, *Elaeagnus angustifolia*, фтору – *Catalpa bignonioides*, *Ailanthus altissima*, *Populus nigra*

Змодельовано компромісні плани досадження деревних рослин та заміни сухостою у санітарно-захисних насадженнях підприємств з врахуванням газопоглинальної здатності листків різних видів рослин. Їх втілення сприятиме поліпшенню повітроочисної ролі деревостанів СЗЗ даних підприємств. З урахуванням доповнення насаджень згідно компромісних планів розраховані додаткові кількості поглинання аерополіютантів через рік та через десять років.

Ключові слова: промислові підприємства, СЗЗ, деревні насадження, екологічні особливості, видовий склад, структура, щільність, таксаційні характеристики, життєвий стан, аерополіютанти, акумуляція, компромісні плани.

SUMMARY

Sklyarenko A.V. Ecological and biological peculiarities of green plantations growing in the area of sanitary protection zones of enterprises of Zaporizhzhya industrial region. – Qualifying scientific work with a manuscript copyright.

The thesis for obtaining a scientific degree of the candidate of biological sciences (PhD) with a 101 "Ecology" specialty. – Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, 2020.

The thesis is devoted to the complex analysis of ecological and biological peculiarities of green plantations of sanitary protection zones of eleven industrial enterprises of various degree of harmfulness of the Zaporizhzhya industrial region (Steppe zone of Ukraine). Plantations located 12 km from the source of pollution served as a relative control.

All of the forest belts in the area of sanitary protection zones that we have surveyed belong to the filter-type structures. The area they occupy is within legal bounds. Plantation density varies from 126 spc./ha to 208 spc./ha, which is below the norm. This figure appears to be the lowest in case of the protective forest belts of Zaporizhskloflus, Zaporizhzhya Ferroalloy Plant and "Vohnetryv" enterprises, and the highest in case of the Ukrgrafit plant. According to the Landsat satellite, from 1990 to 2000 the density of plantations within sanitary protection zones decreased and the area of open ground increased. From 2000 to 2010, the density increases, and its most intense rise is observed during that interval up until 2018. This figure in sanitary protection zones of such plants as Vohnetryv, ZTMC, Zaporizhstal, Dniprospetsstal grows mainly due to the territory being covered with self-seed crops, while as for the sanitary protection zones of other enterprises it is due to pitting of new plants, however, their quantitative ratio appears to be insignificant. In the green plantations of sanitary protection zones of enterprises such as Zaporizhstal, Vohnetryv, ZTMC, Dniprospetsstal significant areas are occupied by undergrowth composed of self-seed crops from 4 to 6 m in height that belong to the following tree species: *Acer negundo*,

Ulmus carpinifolia, *Robinia pseudoacacia*, *Ailanthus altissima*. These plants form such a close thicket that it disrupts the adequate air filtration.

We have established that the number of species of woody plants in the area of sanitary protection zones of industrial enterprises of the city of Zaporizhzhya amounts to 49 in total. Their number in the forest belts of sanitary protection zones of different enterprises differs significantly and varies from 11 (Zaporizhskloflus) to 30 (Zaporizhstal). The most common tree species are *Robinia pseudoacacia*, *Ailanthus altissima*, *Populus alba*, *Ulmus carpinifolia*, *Morus alba*, *Catalpa bignonioides*, *Betula pendula*, *Populus simonii*, *Populus nigra*, *Acer negundo*. Of these, only *Betula pendula* and *Populus nigra* are indigenous species. *Robinia pseudoacacia* is a species found in every protective forest belt.

It was found that the forest belts are dominated by introduced species. Their largest representation is in the green zones of the Zaporizhzhya Ferroalloy Plant (99.2 %), Zaporizhskloflus (97.7 %), Zaporizhstal (97.5 %), ZTMC (96.1 %), Dniprospetsstal (95.0 %), Vohnetryv (93.2 %), and the lowest — in the plantations of Zaporizhzhya Abrasive Combine (27.0 %) and Zaporizhtransformator (45.6 %).

All species of woody plants of the protective plantations that were surveyed grew under the appropriate climatic conditions, except for the Zaporizhtransformator PJSC, where only half of the species can be described as drought-resistant and/or relatively drought-resistant plants.

Analysis of the similarity of the species composition according to Jacquard and Sørensen showed that the lowest values of these coefficients were found when comparing the green forest belts of the sanitary protection zones of the Zaporizhtransformator and Zaporizhskloflus plants. The high degree of similarity of the tree flora is distinctive for protective plantations of such enterprises as ZTMC and Vohnetryv, as well as ZTMC and Dniprospetsstal. This is due to the fact that they were created in the not so distant past (in the 60s of the twentieth century). Indices of species richness and dominance for each of the green areas of enterprises under study were calculated. The highest values of species richness according to the indices by Margalef and Shannon were found for sanitary protection zones of such enterprises as Ukrgrafit,

Zaporizhtransformator, Zaporizhstal and ZAIC, and the lowest values were found for the green zone of the Zaporizhskloflus plant. The highest values of the index of dominance of woody plant species according to both Simpson and Berger-Parker were determined in the protective forest belts of the Zaporizhzhya Abrasive Combine, Zaporizhskloflus, Zaporizhzhya Ferroalloy Plant, the lowest – Ukrgrafit and Zaporizhtransformator.

The taxation parameters of tree stands of sanitary protection zones of enterprises were analyzed. The tallest trees of the leading species (*Ulmus carpinifolia* and *Robinia pseudoacacia*) in the protective plantations of such enterprises as Zaporizhtransformator and Ukrgrafit are 20.1 – 26.0 m in height. In the green areas of most other enterprises their maximum height is around 18.1 – 20.0 m. In the tree stands of Zaporizhskloflus and "Zaporizhcoke" the greatest height of a tree can have is 14,1-16,0 m, while in the case of Zaporizhzhya Ferroalloy Plant it's 16,1 – 18,0 m. Trees with the largest diameters of a tree trunk can be observed in the area of sanitary protection zones of Ukrgrafit plant (up to 112 cm), and the smallest maximum diameter, compared to the other protective plantings, is found in the green area of Dniprospetsstal plant, which amounts to 68.1 – 72.0 cm. These figures are slightly higher as for the trees near the Zaporizhzhya Abrasive Combine – 84.1– 88.0 cm, while the figures for Zaporizhstal, Zaporizhzhya Ferroalloy Plant and Zaporizhskloflus are around 88.1 – 92.0 cm. The main tree species with the thickest trunks in all the green areas of sanitary protection zones are *Populus nigra*, *Populus alba*, *Ulmus carpinifolia* and *Robinia pseudoacacia*.

The analysis of the vitality state of trees growing in the area of sanitary protection zones has been conducted. The largest percentage of trees classified as growing without any signs of weakening in the protective forest belt of Zaporizhtransformator (20.13 % of the number of plants in the forest zone). In the sanitary protection zones of Zaporizhcoke, Zaporizhstal and Zaporizhzhya Ferroalloy Plant, the number of moderately weakened and severely weakened woody plants is higher compared to the green areas of other enterprises. These enterprises are the leaders in the Zaporizhzhya industrial region both in terms of rates of production and air pollution. Based on the distribution of trees by categories of living conditions, the most stable species were

identified: *Ulmus parvifolia*, *Robinia pseudoacacia*, *Ailanthus altissima*, *Morus alba*, *Ulmus carpinifolia*, *Fraxinus lanceolata*, *Ulmus laevis*, *Populus alba*, *Platanus acerifolia*, *Picea pungens*. According to the value of the index of relative living condition, the tree stands of sanitary protection zones of all industrial enterprises are either damaged or weakened. The worst situation is in the forest belts of such plants as Vohnetryv, Zaporizhstal and Zaporizhcoke, with Zaporizhtransformator being the only exception, having the most favourable living conditions for trees.

The capacity of leaves of woody plants to accumulate such air pollutants as sulfur, chlorine, fluorine, phenolic compounds has been analyzed. The maximum amount of sulfur is accumulated by the leaves of *Betula pendula*, *Tilia cordata*, *Salix alba*, *Robinia pseudoacacia*, *Populus alba*, *Populus simonii*, *Populus nigra*, chlorine – *Acer negundo*, *Acer platanoides*, *Ailanthus altissima*, *Armeniaca vulgaris*, *Fraxinus fenceolata*, *Robinia pseudoacacia*, *Tilia cordata*, phenolic compounds – *Ailanthus altissima*, *Betula pendula*, *Juglans regia*, *Populus alba*, *Populus nigra*, *Populus pyramidalis*, *Populus simonii*, *Elaeagnus angustifolia*, fluorine – *Catalpa bignonioides*, *Ailanthus altissima*, *Acer platanoides*, *Populus nigra*, *Armeniaca vulgaris*, *Tilia cordata*, *Acer pseudoplatanus*, *Platanus orientalis*. The most informative phytoindicators of air pollution by sulfur compounds are the leaves of following woody plants: *Betula pendula*, *Populus nigra*, *Populus alba*, chlorine – *Catalpa bignonioides*, *Acer negundo* and *Robinia pseudoacacia*, phenolic compounds – *Betula pendula*, *Catalpa bignonioides*, *Elaeagnus angustifolia*, fluorine – *Catalpa bignonioides*, *Ailanthus altissima*, *Populus nigra*.

Compromise plans for the additional planting of woody plants and replacement of dead-wood in sanitary protection zones of enterprises have been designed, taking into account the gas-absorbing capacity of leaves of different plant species. Their implementation will help to improve the air-purifying role of tree stands of said enterprises. Taking into account the enrichment of plantations according to the aforementioned compromise plans, additional amounts of absorption of air pollutants for the period of one year and ten years into the future have been calculated.

Keywords: industrial enterprises, sanitary protection zones, tree plantations, environmental peculiarities, species composition, structure, density, taxation parameters, vitality state, air pollutants, accumulation, compromise plans.

Список публікацій здобувача, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації

У виданнях, які включені до міжнародних наукометричних баз даних:

1. Bessonova, V. P., & Sklyarenko, A. V. (2020). The accumulation of fluoride by leaves of woody plants growing in the area of sanitary protection zones in the industrial region of Zaporizhzhya. *Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry*, 62 (2), 128-138. **Scopus**. (Здобувачем проведено експериментальну роботу, аналіз та обговорення результатів дослідження).

2. Sklyarenko, A. V., & Bessonova, V. P. (2018). Accumulation of sulfur and glutathione in leaves of woody plants growing under the conditions of outdoor air pollution by sulfur dioxide. *Biosystems Diversity*, 26(4), 334-338. doi:10.15421/011849 **Web of Science**. (Здобувачем проведено експериментальну роботу, аналіз та обговорення результатів дослідження).

3. Sklyarenko, A. V., & Bessonova, V. P. (2019). Species diversity of tree plantations in industrial enterprise protective zones (Zaporizhzhya, Ukraine). *Acta Biologica Sibirica*, 5 (1), 167-174. doi:10.14258/abs.v5.i1.5495. **Web of Science**. (Здобувачем проведено експериментальну роботу, аналіз та обговорення результатів дослідження).

4. Скляренко, А. В., & Бессонова, В. П. (2020). Вміст водорозчинних фенолів в листках деревних рослин санітарно-захисних зон заводів промислової зони Запоріжжя. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н.Каразіна, Серія «Біологія»*, 34, 175-184. doi: 10.26565/2075-5457-2020-3 4-18 **Web of Science**. (Здобувачем проведено експериментальну роботу, аналіз та обговорення результатів дослідження).

5. **Sklyarenko, A. V.** (2020). Trade-offs in the process of enrichment of tree plantations in sanitary protection zones of enterprises regarding the peculiarities of potential accumulation of toxicants in the leaves of trees. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 6(1), 89-99. **Index Copernicus International.**

Публікації в наукових фахових виданнях України:

6. **Скляренко А. В.** (2019). Оцінювання впливу промислових умов на величину флуктуючої асиметрії листкової пластинки *Betula Pendula* м. Запоріжжя. *Науковий вісник НЛТУ України*, 29(6), 54-57. doi:10.15421/40290611. **Index Copernicus International.**

7. **Скляренко, А. В., & Бессонова, В. П.** (2020). Оцінка щільності та стану зелених насаджень санітарно-захисних зон промислових підприємств м. Запоріжжя в динаміці з використанням даних супутника Landsat. *Екологічні науки*, 1(28), 64-77. **Index Copernicus International.** (Здобувачем проведено експериментальну роботу, аналіз та обговорення результатів дослідження).

8. **Скляренко, А. В., & Бессонова, В. П.** (2017). Таксаційні характеристики та життєвий стан деревних рослин санітарно-захисної зони ПАТ «Український графіт». *Науковий вісник НЛТУ України*, 27, 1, 83-87. **Index Copernicus International.** (Здобувачем проведено експериментальну роботу, аналіз та обговорення результатів дослідження).

9. **Скляренко, А. В.** (2017). Видовий склад зелених насаджень санітарно-захисної зони ПАТ «Запоріжжкокс». *Питання біоіндикації та екології*, 22(1), 85-99. **Index Copernicus International.**

10. **Скляренко, А. В., & Бессонова, В. П.** (2017). Різноманіття дендрофлори санітарно-захисної зони ПАТ «Запорізький трансформаторний завод». *Питання біоіндикації та екології*, 22(2), 17-21 (Здобувачем проведено експериментальну роботу, аналіз та обговорення результатів дослідження). **Index Copernicus International.**

11. **Скляренко, А. В.** (2018). Характеристика дендрофлори захисного насадження ПАТ «Запорізький виробничий алюмінієвий комбінат». *Питання*

біоіндикації та екології, 23(2), 66-80. doi:10.26661/2312-2056/2018-23/2-05. **Index Copernicus International.**

Публікації, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

1. **Склярєнко, А. В.** (2018). Пошкодження листків шкідниками деревних рослин санітарно-захисної смуги ПАТ «Запоріжсклофлюс». *Матеріали міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції «Сучасні проблеми та досягнення сільського господарства у XXI сторіччі»*. (С. 27). Миколаїв: Миколаївська ДСДС ІЗЗ.
2. **Склярєнко, А. В.** (2018). Видовий склад та таксаційні характеристики захисного насадження ПАТ «Запоріжсклофлюс». *Матеріали сьомої Міжнародної науково-практичної конференції „Рослини та урбанізація” (Дніпро, 3 березня 2018 р.)*. (С. 111-113). Дніпро.
3. **Склярєнко, А. В.** (2017). Відповідність вибагливості до вологи деревних насаджень санітарно-захисної зони Запорізького металургійного комбінату «Запоріжсталь» умовам зростання. *Матеріали міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції «Проблеми і перспективи сучасної аграрної науки»*. (С. 66). Миколаїв: Миколаївська ДСДС ІЗЗ.
4. **Склярєнко, А. В.** (2017). Аналіз екологічної відповідності деревних насаджень санітарно-захисної зони ПАТ «Запоріжжкокс» умовам зростання. *Матеріали III Міжнародної науково-практична конференції «Актуальні проблеми озеленення населених місць: освіта, наука, виробництво, мистецтво формування ландшафту» (До 10-річчя відкриття напряму підготовки «Лісове та садово-паркове господарство») 25-26 травня 2017 року*. (С. 140-142). Біла Церква.
5. **Склярєнко, А. В.** (2017). Екологічна відповідність деревних насаджень санітарно-захисної зони ПАТ «Запорізький завод феросплавів» умовам зростання. *Матеріали V Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, магістрів, аспірантів і молодих учених "Ліс, наука, молодь», 23 листопада 2017 р.* (С. 194-195). Житомир: ЖНАЕУ.
6. **Склярєнко, А. В.** (2017). Екологічна відповідність деревних насаджень санітарно-захисної зони ПАТ «Український графіт» умовам зростання.

Рослини та урбанізація: Матеріали шостої Міжнародної науково-практичної конференції (м. Дніпро, 1-2 березня 2017). (С. 138-140). Дніпро.

7. **Склярєнко, А. В.** (2017). Екологічна відповідність деревних насаджень санітарно-захисної зони ПАТ «Запоріжсклофлюс» умовам зростання. *Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні питання сучасної аграрної науки», Умань 15 листопада 2017 р.* (С. 179-180). Вид-во: «Основа».

8. **Склярєнко, А. В.** (2019). Деревні рослини в санітарно-захисних зонах підприємств м. Запоріжжя. *Рослини та урбанізація: Матеріали восьмої Міжнародної науково-практичної конференції (м. Дніпро, 5 березня 2019).* (С. 140-141). Дніпро.

9. **Склярєнко, А. В.** (2020). Накопичення фтору листками деревних рослин санітарно-захисних зон міста Запоріжжя. *Рослини та урбанізація: Матеріали дев'ятої Міжнародної науково-практичної конференції „Рослини та урбанізація” (Дніпро, 5 березня 2020 р.).* С. 93-95. Дніпро.

10. **Склярєнко, А. В.** (2020). Акумуляція хлору органами асиміляції деревних рослин захисних лісосмуг Титаномagneзівового та Трансформаторного заводів (міста Запоріжжя). *Theoretical foundations of modern science and practice. Abstracts of XI International Scientific and Practical Conference. Melbourne, Australia.* (С. 422-424).

11. **Склярєнко, А. В.** (2020). Оцінка життєвого стану деревних рослин санітарно-захисних зон підприємств Феросплавного та Коксохімічного. *Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції 14-16 травня. Актуальні проблеми озеленення населених місць: освіта, наука, виробництво, мистецтво формування ландшафту. Білоцерківський НАУ.* (С. 55-58).

Статті, що доповнюють зміст роботи:

1. Bessonova, V. P., Chongova, A. S., & **Sklyarenko, A. V.** (2020). Influence of multicomponent contamination on the content of photosynthetic pigments in the leaves of woody plants commonly planted in for greening of cities. *Biosystems Diversity*, 28(2), 203–208. doi:10.15421/012027. **Scopus.**

ЗМІСТ

| | |
|---|-----|
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ..... | 16 |
| ВСТУП..... | 17 |
| РОЗДІЛ 1 ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ ТА ЕКОЛОГІЧНА РОЛЬ ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕНЬ СЗЗ ПІДПРИЄМСТВ..... | 22 |
| 1.1 Головні джерела забруднення довкілля та зелені насадження СЗЗ..... | 22 |
| 1.2 Роль рослин в оптимізації екологічних наслідків техногенезу..... | 34 |
| 1.3 Негативний вплив промислових емісій на рослини та групи їх стійкості..... | 42 |
| Висновки до розділу..... | 51 |
| РОЗДІЛ 2 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ, ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ..... | 53 |
| 2.1 Ґрунтово-кліматична характеристика території дослідження..... | 53 |
| 2.2 Стан атмосферного повітря міста Запоріжжя..... | 57 |
| 2.3 Характеристика дослідних ділянок..... | 59 |
| 2.4 Методи дослідження..... | 61 |
| РОЗДІЛ 3 ТАКСОНОМІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДЕНДРОФЛОРИ ТА СТРУКТУРА ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕНЬ СЗЗ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ М. ЗАПОРІЖЖЯ..... | 70 |
| 3.1 Видовий склад та структура зелених насаджень..... | 70 |
| 3.2 Аналіз подібності видового складу та різноманіття деревних насаджень СЗЗ промислових підприємств м. Запоріжжя..... | 108 |
| Висновки до розділу..... | 120 |
| РОЗДІЛ 4 ТАКСАЦІЙНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДЕРЕВНИХ РОСЛИН САНІТАРНО-ЗАХИСНИХ ЗОН РІЗНИХ ПІДПРИЄМСТВ..... | 122 |
| 4.1 Розподіл дерев СЗЗ підприємств промислового району м. Запоріжжя за висотами..... | 123 |
| 4.2 Розподіл дерев СЗЗ промислових підприємств м. Запоріжжя за діаметрами..... | 139 |

| | |
|--|-----|
| | 15 |
| Висновки до розділу..... | 150 |
| РОЗДІЛ 5 ДІАГНОСТИКА ЖИТТЄВОГО СТАНУ РОСЛИН У СЗЗ | |
| ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ..... | |
| | 151 |
| 5.1 Оцінка життєвого стану дерев та деревостанів..... | 151 |
| 5.2 Оцінка щільності та стану зелених насаджень СЗЗ промислових підприємств м. Запоріжжя в динаміці з використанням даних супутника Landsat..... | 174 |
| 5.3 Флюктуюча асиметрія як показник рівня забруднення довкілля і зміни життєвого стану рослин..... | 191 |
| Висновки до розділу..... | 198 |
| РОЗДІЛ 6 АНАЛІЗ РОЛІ РОСЛИН ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕНЬ СЗЗ | |
| ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ В ДООЧИЩЕННІ АТМОСФЕРНОГО | |
| ПОВІТРЯ М. ЗАПОРІЖЖЯ..... | |
| | 200 |
| 6.1 Накопичення сірки в листках деревних рослин, що зростають в умовах забруднення атмосферного повітря SO ₂ | 201 |
| 6.2 Накопичення хлору в листках деревних рослин захисних лісосмуг підприємств м. Запоріжжя..... | 210 |
| 6.3 Вміст водорозчинних фенолів в листках деревних рослин СЗЗ промислових підприємств м. Запоріжжя..... | 217 |
| 6.4 Акумуляція фтору листками деревних рослин СЗЗ Запорізького промислового регіону..... | 224 |
| 6.5 Компромісні плани доповнення деревних насаджень СЗЗ заводів відносно специфіки потенційного накопичення токсикантів у листках | 233 |
| Висновки до розділу..... | 250 |
| ВИСНОВКИ | 252 |
| РЕКОМЕНДАЦІЇ..... | 255 |
| СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ..... | 256 |
| ДОДАТКИ..... | 311 |

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

Мкм – мікрометрів

ГДК – гранично допустимі концентрації

СЗЗ – санітарно-захисна зона

ФА – флюктуюча асиметрія

м/сек – метри за секунду

NDVI – нормалізований відносний індекс рослинності

ВСТУП

Актуальність теми. Наявність потужного промислового потенціалу південно-східного регіону України неминує призводити до значних обсягів викидів в атмосферу важких металів, оксидів сірки, азоту, фенолів, формальдегідів, сірководня, сполук хлору тощо. Перевищення ГДК за сірчаним газом, оксидом азоту, оксидом вуглецю, пилом та іншими агресивними речовинами в районі виробництв у 3,1–12,1 рази, а під час неорганізованих викидів – більше ніж у 20 разів [142, 318, 336, 350]. Очисні споруди не в змозі остаточно позбавити від викидів шкідливих речовин [214]. Серед допоміжних способів регуляції чистоти повітря велике значення має біологічний метод, а саме поглинання шкідливих речовин й газів рослинами та осаджування пилу. Рослини СЗЗ підприємств спроможні поглинати, акумулювати та переробляти небезпечні речовини [31, 128, 101, 138, 223, 244, 245, 303, 517] і тому можуть бути успішно використанні з метою покращення навколишнього середовища [58, 95, 163, 244].

Сучасний стан санітарно-захисних насаджень нині досить проблемний, оскільки рослини мають значний вік та не завжди висаджувались з урахуванням стійкості до типу забруднювачів. Це вимагає глибоких досліджень, спрямованих на покращення якості зелених лісосмуг СЗЗ, розробки шляхів більш ефективного використання можливостей рослин для зменшення негативної дії шкідливих промислових аерополітантів та оздоровлення атмосферного повітря. В зв'язку з цим дослідження видового складу, життєвого стану, атмосфероочисної функції зелених насаджень СЗЗ конкретних промислових підприємств з подальшим використанням отриманих даних для їх реконструкції є актуальними.

Зв'язок з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана у Державному Дніпровському аграрно-економічному університеті 2017 – 2020 рр. на кафедрі садово-паркового господарства в межах планових фундаментальних досліджень 2015 – 2017 рр. за тематикою: «Біорізноманіття та життєвий стан штучних та природних деревних фітоценозів Степу України» (№ держреєстрації 0114U006136); 2018 – 2020 рр. «Комплексна оцінка зелених насаджень

урботехногенних територій Придніпровського економічного регіону» (№ держреєстрації 0117U003964).

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційного дослідження є аналіз – екобіологічних характеристик, таксономічного складу, таксаційних показників, життєвого стану та оцінка атмосфероочисної ролі деревних насаджень СЗЗ Запорізького промислового регіону для розробки рекомендацій з їх подальшої реконструкції.

Для досягнення поставленої мети сформульовано та вирішено такі завдання:

- визначити видове різноманіття дендрофлори зелених насаджень СЗЗ підприємств Запорізького промислового регіону;
- розрахувати індекси видового багатства та подібності дендрофлори зелених насаджень СЗЗ промислових підприємств
- дослідити динаміку змін щільності зелених лісосмуг спеціального призначення за допомогою супутникових знімків у часовому діапазоні;
- встановити відповідність асортименту деревних порід СЗЗ різного типу підприємств екологічним умовам зростання;
- проаналізувати життєвий стан деревних рослин СЗЗ різних підприємств;
- оцінити ємність поглинання повітряних токсикантів (сполук хлору, фтору сірки та фенолів) листками різних видів деревних рослин та зеленими насадженнями СЗЗ промислових підприємств;
- виявити найбільш інформативні фітоіндикаторні види забруднення атмосферного повітря газоподібними сполуками хлору, фтору, сірки та фенолів;
- розробити рекомендації щодо поліпшення видового складу, щільності, стану досліджуваних зелених насаджень СЗЗ промислових підприємств Запорізького промислового регіону.

Об'єкт дослідження – зелені насадження СЗЗ підприємств Запорізького промислового регіону, їхній видовий склад, конструкції, таксаційні характеристики, життєвий стан.

Предмет дослідження – еколого-біологічні особливості зелених насаджень СЗЗ промислового регіону м. Запоріжжя та їх атмосфероочисна здатність.

Методи дослідження: еколого-біологічні, польові, лабораторні, біометричні, таксономічні, таксаційні, візуальні та морфометричні – для здійснення оцінки життєвого стану насаджень, математичного моделювання – для побудови компромісних планів посадок рослин; для визначення вмісту в листках рослин фенолів та сірки – спектрофотометричний, фтору – потенціометричний, хлору – аргентометричний; глутатіону – титрометричний; статистичні з використанням дисперсійного аналізу та пакетів спеціальних програм Statistica, Gnumeric, Microsoft Excel.

Наукова новизна одержаних результатів. Основні положення дисертаційних досліджень, що визначають новизну отриманих наукових результатів, полягають у наступному:

вперше:

- здійснено комплексні еколого-біологічні дослідження зелених насаджень СЗЗ одинадцяти промислових підприємств м. Запоріжжя;
- вивчено видовий склад захисних зелених насаджень, їх структуру, щільність.
- досліджено таксаційні характеристики, розподіл за висотами та діаметрами дерев СЗЗ промислових підприємств;
- проаналізована відповідність деревних рослин захисних лісосмуг промислових підприємств екологічним умовам зростання;
- визначено життєвий стан рослин та індекси життєвого стану деревостанів СЗЗ;
- досліджено зміни щільності насаджень СЗЗ у динаміці за допомогою космічних знімків супутника Landsat з використанням індексу NDVI.
- виявлено інформативні фітоіндикатори забруднення атмосферного повітря сполуками сірки, хлору, фтору та фенолів;
- встановлена видова специфіка накопичення аерополітантів листками деревних рослин СЗЗ різних підприємств, розрахована газопоглинальна роль захисних насаджень;

- розроблена модель доповнення зелених насаджень лісосмуг СЗЗ деревними рослинами.

Уточнено і розширено уявлення стосовно відмінностей в стабільності розвитку листків *Betula pendula* в залежності від рівня техногенного навантаження.

Удосконалено асортимент видів рослин, які відзначаються високою стійкістю до промислових поллютантів для використання у СЗЗ підприємств південного сходу України.

Практичне значення отриманих результатів. Авторські дослідження мають суттєве значення для створення, відновлення і реконструкції зелених насаджень у СЗЗ промислових підприємств південного сходу України.

Робота містить великий фактичний матеріал, який характеризує очисну роль деревних рослин в умовах СЗЗ промислових підприємств. Запропоновано асортимент рослин з високими акумулюючими властивостями аерополлютантів (сполук фтору, хлору, сірки та фенолів) для використання у СЗЗ металургійних, та хімічних підприємств, а також перелік стійких деревних порід до промислових фітотоксикантів та екологічних умов зростання. Рекомендовані моделі доповнення існуючих насаджень для поліпшення їх атмосфероочисної функції.

Отримані результати та висновки використовуються в навчальному процесі Дніпровського державного аграрно-економічного університету під час викладання дисциплін «Урбоекологія», «Фітоіндикація та фітомоніторинг», «Озеленення населених місць», «Фітомеліорація» та науковій діяльності (виконання студентами курсових та дипломних робіт) кафедри садово-паркового господарства агрономічного факультету (акт впровадження від 03.07.2020 р).

Результати досліджень прийняті до впровадження ПП «Державна екологічна інспекція Запорізької області» (акт впровадження від 03.07.2020), ДП «Запорізьке лісомисливське господарство» (03.07.2020) та ПП «ЕКОМРІЯ» (03.07.2020).

Особистий внесок здобувача. Дисертація є завершеною, особистою науковою роботою здобувача, яка виконувалась впродовж 2017 – 2020 років. За

тематикою роботи виконано інформаційний пошук та аналіз наукової літератури за темою, здійснено запланований обсяг експериментальних робіт, лабораторні і польові дослідження, відбір проб та їх аналіз. Проведено узагальнення та інтерпретацію даних, їх математичну обробку, формулювання висновків та практичних рекомендацій.

Апробація результатів дисертації.

Основні наукові результати обговорювалися на семінарах і засіданнях кафедри садово-паркового господарства ДДАЕУ України, міжнародних конференціях: «Сучасні проблеми та досягнення сільського господарства у ХХІ сторіччі» (м. Миколаїв, 2018), «Рослини та урбанізація» (м. Дніпро, 2017, 2018, 2019, 2020), «Проблеми і перспективи сучасної аграрної науки» (м. Миколаїв, 2017), «Актуальні проблеми озеленення населених місць: освіта, наука, виробництво, мистецтво формування ландшафту» (м. Біла Церква, 2017), «Актуальні питання сучасної аграрної науки», (м. Умань, 2017), *Theoretical foundations of modern science and practice*, (Melbourne, Australia, 2020), «Актуальні проблеми озеленення населених місць: освіта, наука, виробництво, мистецтво формування ландшафту», (м. Біла Церква, 2020), Всеукраїнських – «Ліс, наука, молодь», (м. Житомир, 2017).

Публікації. Основний зміст роботи відображено в 23 науковій публікації, з них 12 статей, з яких 5 входить до наукометричної бази Web of Science та SCOPUS (2 зарубіжні), 6 – у фахових наукових виданнях (*Index Copernicus*), 1 – у зарубіжному журналі (*Index Copernicus*) та 11 тез доповідей у матеріалах наукових конференцій та з'їздів.

Структура та обсяг роботи. Дисертація викладена на 345 сторінках комп'ютерного тексту. Складається зі вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел (520 найменувань, з них 185 – латиною) додатків, рекомендацій виробництву. Робота ілюстрована 59 рисунками та 69 таблицями, додатків 4.

РОЗДІЛ 1

ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ ТА ЕКОЛОГІЧНА РОЛЬ ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕНЬ СЗЗ ПІДПРИЄМСТВ

1.1 Головні джерела забруднення довкілля та зелені насадження СЗЗ

Проблема забруднення атмосферного повітря в розвиток промисловості набула найбільш гострого значення у всьому світі. Наявність потужного промислового потенціалу неминуче призводить до значних обсягів викидів в атмосферу оксидів сірки, азоту, фенолів, формальдегідів, сірководня, сполук хлору, речовин у вигляді суспендованих твердих частинок тощо [63, 142, 240, 318, 350, 366, 372, 517], важких металів [336, 436, 448, 499].

Підприємства України викидають в атмосферу близько 2,0 млн.т / рік шкідливих речовин при загальному рівні викидів понад 4,2 млн.т / рік, що багато в чому визначає екологічну ситуацію не тільки лівобережних областей України, а й усієї держави [87]. Загальні викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел м. Запоріжжя за 2017 рік становили 180,9 тис. тон. Їх структура за основними видами економічної діяльності показує, що 45 % припадає на металургійне, коксохімічне виробництво [252].

За даними Міністерства охорони навколишнього природного середовища України (2017 рік) в середньому по країні було зафіксовано перевищення в атмосферному повітрі рівня гранично допустимої концентрації (ГДК): пилу – в 1,2, діоксиду азоту – в 1,3, формальдегіду – в три рази, зафіксовано випадки перевищення ГДК сірководню [252]. Середньомісячні концентрації шкідливих речовин у грудні 2019 року в цілому по місту перевищували ГДК за діоксидом нітрогену – у 1,5, фенолом – у 1,8, формальдегідом – у 1,3 рази [296]. За даними картографування ГІС у центральній зоні України спостерігається постійне перевищення концентрацій діоксиду нітрогену в атмосферному повітрі в 1,5 рази ГДК [406].

Сформовано перелік пріоритетних забруднюючих речовин, до якого увійшли такі хімічні сполуки, з них до першого класу небезпеки – ванадійвмісні шлаки та пил, свинець та його неорганічні сполуки, другого класу – (високонебезпечні речовини – сірководень, фенол, формальдегід, сірковуглець, до третього класу – діоксин нітрогену, ангідрид сірчаний, зважені речовини, до четвертого класу – оксид карбону, аміак [23, 49, 51,256, 345].

Переважає частка речовин, що забруднюють атмосферне повітря у результаті діяльності підприємств чорної металургії, представлена викидами коксохімічного, агломераційного, доменного, феросплавного та сталеплавильного виробництва.

Практично всі пило-газові викиди металургійних виробництв містять дрібнодисперсні фракції пилу – тверді частки діаметром 10 і 2,5 мкм – до 80 і 30 % відповідно. Для деяких технологічних процесів у викидах встановлено присутність частинок нанорозмірів. Основними хімічними компонентами пилу є залізо, кремній, алюміній і їх оксиди, проте в пилу до 25 % по масі складають марганець, хром, ванадій і інші токсичні метали [123]. Встановлені високі рівні концентрацій твердих часток розміром 10 мкм на межі С33 металургійного підприємства і в найближчій житловій забудові [121]. Концентрація пилу у викидах металургійних заводів, які працюють за традиційними радянськими технологіями, сягає 50 – 120 кг/т одержуваної сталі [318, 328].

Основні газові викиди, що утворюються у ході процесів металургійного виробництва: сполуки сірки, оксид карбону, метан, сполуки азоту, пил, феноли, формальдегіди, ртуть тощо [508, 514, 516].

Доменне виробництво також є потужним джерелом газопилових викидів у повітря, які містять оксиди карбону й сірки, сірководень, нітроген, оксиди заліза, кремнію, мангану, кальцію, магнію [318, 513].

Головну роль у забрудненні атмосферного повітря при феросплавному виробництві відіграють електродугові печі, які є джерелом викидів газів та пилу, що містять оксиди заліза, міді, цинку, свинцю, хрому, кремнію, мангану та ртуті. Значні обсяги небезпечних викидів мають місце також при підготовчих роботах і

при обробці металу. Це, наприклад, графітовий та металевий пи́л, оксид карбону, формальдегід, фенол, метиловий спирт, пари сірчаної кислоти, аміак, бензол, та ін. [388, 407, 440, 477].

У залежності від пануючих вітрів, забруднення атмосферного повітря на територіях, де розташовані металургійні підприємства, може спостерігатися в радіусі 20 – 50 км [21, 318].

Коксохімічне виробництво є джерелом забруднення атмосфери оксидами вуглецю і сірки, органічними сполуками ряду алканів, а також вугільним пилом, який утворюється як безпосередньо у виробничому процесі, так і при перевантаженні вугільної сировини [237, 238, 318, 380, 418]. У викидах і стоках коксохімічних заводів головним чином переважають оксибензоли, діоксибензоли, крезолі, ксиленоли [90], бензапірен [380]. Якість фенолів, що надходять в атмосферу внаслідок роботи коксохімічних підприємств, визначається технологією переробки вугілля і його вторинних продуктів і засобами, що використовуються для обезфенолювання стічних вод [150]. Навіть на підприємствах, де стічні води проходять біохімічне очищення перед використанням їх для гасіння коксу, рівень забруднення атмосферного повітря все ж високий [80].

Підприємства кольорової металургії забруднюють атмосферу сполуками фтору, кольорових і важких металів (часто у вигляді аерозолів), парами ртуті, сірчастим ангідридом, оксидами нітрогену, оксидом карбону, поліметалічним пилом, смолистими речовинами, вуглеводнями, що включають бенз(а)пірен. [339, 432, 449, 512]. Викиди в атмосферу машинобудівних і металообробних підприємств містять аерозолі сполук кольорових і важких металів, зокрема, парів ртуті, а також органічних розчинників [153].

Нафтопереробна і нафтохімічна промисловість є джерелом таких забруднювачів атмосфери: сірководень, сірчистий ангідрид, оксид карбону, аміак, вуглеводні, у тому числі бенз(а)пірен [389, 424, 463].

Підприємства неорганічної хімії викидають в атмосферу оксиди сірки й нітрогену, сірководень, аміак, сполуки фосфору, вільний хлор, оксид карбону,

органічної хімії – велику кількість органічних речовин, що мають складний хімічний склад, а також соляну кислоту, сполуки важких металів, оксиди сірки, сажу й пил [516].

Заводи з виробництва будівельних матеріалів забруднюють атмосферу пилом, що містить сполуки важких металів, фтору, діоксиду кремнію, азбесту, гіпсу, тонкодисперсний скляний пил та ін. [112].

Значний внесок у забруднення атмосферного повітря належить автотранспорту. Автодорожня система характерна не тільки для вулиць міста, але й заводських і при заводських територій. Закономірності поширення забруднювачів дуже складні і визначаються не тільки конфігурацією мережі автомагістралей та інтенсивністю переміщення автотранспорту, але й великою кількістю перехресть, де автотранспорт працює на перемінних режимах. Кількість моторизованого транспорту в усьому світі складає 630 млн. одиниць і вона, ймовірно, подвоїться в наступні 20 або 30 років. [21, 153, 252]. Основними токсичними речовинами, що містяться у вихлопних газах, які утворюються в результаті роботи двигунів внутрішнього згоряння, є оксид карбону, оксиди нітрогену, вуглеводні, альдегіди і сажа, важкі метали [62, 67, 83, 184, 201, 295, 308, 379].

У повітрі більшості сучасних міст виявлені сполуки хлору внаслідок численних їх викидів. Так, наприклад, у містах США концентрація хлору в середньому становила $2,6 - 9,5 \cdot 10^{-8} \%$ [149]. У вільному стані у природі і викидах підприємств хлор майже не зустрічається. Хлористими сполуками забруднюють атмосферне повітря викиди титано-магнієвих, хімічних комбінатів, що виробляють соляну кислоту, органічні барвники, соляну та оцтову кислоти, інсектициди та гербіциди, гідролізний спирт, хлорне вапно, цемент, соду, а також гальванопластики та ін. [13, 329]. Всі стадії кольорової металургії та напівпровідникового виробництва проходять з участю хлористих сполук, тому головним поллютантом цих підприємств є хлор та його сполуки [192].

Хлор в атмосферу викидається набагато рідше ніж хлорид водню [305], проте, час від часу, можуть бути його випадкові викиди та витіки, що

трапляються в результаті різних промислових операцій або під час транспортування. Джерелом забруднення HCl та Cl_2 є електроліз з виділенням хлору, цинкування, калійна промисловість, спалювання відходів поліхлорвініла, бурого вугілля з підвищеним складом солей та ін. Знищення промислових відходів часто включає спалювання Cl -вмісних газів, рідин та твердих речовин і призводить до довготривалої емісії відносно низьких концентрацій HCl в атмосфері [165, 310].

Хлориди також попадають у ґрунт з поливними водами [358, 405] і внаслідок використання солей для боротьби з ожеледдю [365]. Одноразово на 1 м^2 дорожнього покриття використовують 50–70 г, а за зимовий період – від 0,6 до 2,7 кг NaCl [13].

Дуже токсичними для екосистем є сполуки сірки. Сірка міститься в таких корисних копалинах, як вугілля, нафта, залізні, мідні та інші руди. Одні із них використовуються як паливо, інші направляються на переробку в хімічну і металургійну промисловість [176]. Газові викиди, які утворюються під час виробництва пігментного діоксиду титану (IV) сульфатним методом, містять сірковмісні сполуки (краплі і туман сульфатної кислоти, сірки (IV) оксид, сірководень) [73, 331]. Під час переробки (зокрема, при обжарюванні руд) сірка переходить у хімічні сполуки, наприклад в діоксид. Сполуки, що утворюються, частково уловлюється очисними спорудами, інша частина викидається в атмосферу [125].

Первинні сульфати виділяються під час спалювання палива, у ході таких процесів як нафтопереробка, виготовлення цементу, гіпсу, сірчаної кислоти, при спалюванні мазуту сульфатів утворюються значно більше, ніж вугілля. Це, можливо, пояснюється тим, що в нафтових домішках міститься відносно велика кількість сполук ванадія та нікеля, котрі каталізують утворення первинних сульфатів. Під час спалювання нафтового палива утворюється біля 16 % сульфатів від їх загальної кількості [125].

Основними джерелами надходження оксидів нітрогену (NO , NO_2) в атмосферне повітря є викиди продуктів високотемпературного і неповного

згорання палива (вихлопні гази автотранспорту, авіації, викиди промислових підприємств і теплових електростанцій). Зони найбільшого забруднення атмосферного повітря, де вміст NO_2 у 2,0–2,5 рази вище ГДК, відмічено в містах з інтенсивною промисловістю Дніпровської, Запорізької та інших областей [21, 252].

Основними джерелами надходження фенолів в оточуюче середовище є підприємства чорної й кольорової металургії та коксохімії. Високі рівні забруднення визначаються в містах, де є алюмінієві заводи [21]. Концентрація фенолів у повітрі м. Запоріжжя перевищує ГДК [21, 251].

Для людини і теплокровних тварин ряд токсичності найбільш поширених поллютантів, починаючи з найшкідливішого, виглядає наступним чином $\text{Cl}_2 > \text{SO}_2 > \text{NH}_3 > \text{NO}_2 > \text{H}_2\text{S}$. Для зелених насаджень найбільш небезпечними є Cl_2 , SO_2 , NO_2 , NH_3 , фториди. Менш небезпечні CO , H_2S , вуглеводні [217].

У зонах розміщення промислових підприємств можлива висока загальна захворюваність населення, особливо злоякісними пухлинами: в зоні металургійних заводів – хронічними бронхітами; кольорової металургії, нафтопереробних і хімічних підприємств – раком легень; алюмінієвих заводів – флюорозом скелету та зубної емалі, отруєнням фтором [171, 320].

Формування індексу небезпеки за дії викидів промислових підприємств для органів дихання здійснюється з врахуванням впливу сірководню, діоксиду сірки, діоксиду нітрогену, фенолу та формальдегіду, на кровоносну систему – діоксиду нітрогену та оксиду карбону, на серцево-судинну систему – фенолу та оксиду вуглецю, центрально-нервову систему – фенолу, оксиду карбону, сірковуглецю, вроджені дефекти розвитку – оксиду карбону та сірковуглецю [50, 89, 316, 475]. Розглядаються можливості методології оцінки ризику дії промислових поллютантів на здоров'я населення [312].

Тому оздоровлення атмосферного повітря забрудненого промисловими і автомобільними викидами є глобальною проблемою сучасності. З цією метою поряд з технологічними способами використовується біологічний метод, оскільки застосування навіть найдосконаліших фільтрів не може повністю запобігти

надходженню в оточуюче середовище шкідливих речовин. Здатність рослин поглинати з повітря забруднювачі, осаджувати пил робить перспективним їх використання для оптимізації повітряного середовища, завдяки чому зелені насадження називають «зеленими фільтрами» [17, 38, 61, 75, 180, 185, 212, 228, 267, 473, 510]. Рослини виконують роль своєрідного буферу, зменшують коливання концентрації забруднювачів у повітрі [396, 482, 488], сприяють збереженню газового балансу в атмосфері [484, 486, 444, 445], знижують рівень забруднення [425, 426, 444, 482]. Для оптимізації техногенного та міського середовища у проектних і нормативних державних документах передбачається створення зелених насаджень у СЗЗ промислових підприємств [247]. Створення СЗЗ вимагається такими документами:

- Закон України про затвердження Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів N 173 від 19.06.96 [209];
- ст. 24 Закону України «Про охорону атмосферного повітря» [124].

Розміри та режим СЗЗ визначаються також нормативними документами у п. 10 ДБН 360-92** «Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень» [204], та ін.

СЗЗ, тобто смуги розриву між найближчими житловими будинками або громадськими будівлями і промисловими підприємствами, які є джерелами виділення шкідливих речовин, запахів, підвищених рівнів шуму, вібрації, ультразвукових та електромагнітних хвиль, електронних полів, іонізуючих випромінювань тощо, створюються для захисту населення від впливу цих несприятливих виробничих чинників. Їх показники на межі СЗЗ не повинні перевищувати гігієнічних нормативів, встановлених для населених місць. Ширина СЗЗ встановлюється з розрахунку, щоб викиди промислових підприємств, що досягають районів житлової забудови, не перевищували ГДК [188].

Згідно «Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів» – ДСП 173-96 [247] залежно від складу й кількості шкідливих чинників та умов технологічного процесу промислового підприємства поділяються на п'ять класів:

I клас – це підприємства, що виплавляють чавун в об'ємі понад 1500 м³, здійснюють вторинну переробку кольорових металів у кількості понад 3000 т/рік або виплавку сталі у кількості понад 100 000 т/рік, а також хімічні підприємства та інші підприємства зі шкідливими виробництвами;

II клас – ці ж підприємства, але з меншою продуктивністю;

III клас – підприємства, що виплавляють чавун об'ємом до 500 м³, з виробництвом фасонного лиття від 10 000 до 20 000 т/рік, з вторинною переробкою кольорових металів до 1000 т/рік, або підприємства, що виготовляють прилади зі ртуттю;

До IV класу, поряд з підприємствами хімічної та металургійної промисловості, відносяться підприємства металообробної промисловості з чавунним (в кількості до 10000 тон/рік) та кольоровим (в кількості до 100 тон/рік) литвом, ряд підприємств з виробництва будівельних матеріалів, обробки деревини, багато підприємств текстильної, легкої, харчової промисловості.

До V класу, крім деяких виробництв хімічної та металургійної промисловості, належать підприємства металообробної промисловості з термічною обробкою без ливарних процесів, де здійснюється обробка металів у гарячому або розплавленому стані, великі друкарні, меблеві фабрики, трикотажні, ткацькі, швейні підприємства та ін.

Клас підприємства визначає ті захисні заходи, які необхідно враховувати при їх проектуванні, будівництві та експлуатації. Для підприємств, що є джерелами забруднення атмосфери промисловими викидами (залежно від потужності, умов здійснення технологічного процесу, кількісного та якісного складу шкідливих виділень тощо), встановлені такі розміри СЗЗ відповідно до класу шкідливості підприємств: I клас – 1000м; II клас – 500 м; III клас – 300 м; IV клас – 100 м; V клас – 50 м.

СЗЗ повинні бути озеленені, адже саме тоді вони повною мірою можуть виконувати роль захисних бар'єрів від виробничого пилу, газів, шуму. Отже, обов'язковим компонентом в існуванні будь-якого промислового об'єкту чи підприємства, які становлять загрозу для зовнішнього середовища через шкідливі

викиди, є зелені насадження СЗЗ. Вони несуть функціональну роль у затриманні шкідливих речовин до рівня ГДК відповідно гігієнічним показникам з метою захисту населення на території, що межує з джерелом забруднення, від їх несприятливого впливу. Озеленені ділянки повинні складати не менше 10 – 15 % загальної площі підприємств [190, 199].

На необхідність переорганізації структури СЗЗ небезпечних індустріальних об'єктів з метою збереження природного середовища вказують А.М. Космачов, А.Л. Цикало (2014) [165]. Приділяється увага поглибленню понять стосовно закономірностей поширення небезпечних поллютантів в СЗЗ підприємств з використанням методів математичного моделювання [312].

Планування і конструювання санітарно-захисних насаджень здійснюється з урахуванням особливостей розповсюдження виробничих шкідливостей. Останні визначаються хімічною природою і питомою вагою забруднювачів [108]. В основу озеленення СЗЗ повинні бути покладені характер руху вітру, висоти викидів пилу і газів, рельєфу та ін. [113].

Проектування штучних зелених насаджень базується на ряді припущень головними з яких є: зональність систем лісових масивів у відповідності їх цільовому призначенню, системність структури, оптимальність параметрів, розміщення їх згідно елементам рельєфу, науково обґрунтоване їх сполучення з іншими елементами тощо [86]. Ці вимоги можна віднести до формування зелених насаджень СЗЗ.

Ефективне функціонування деревних фітоценозів, які зберігатимуть здоров'я живим організмам з мінімальним проявом аномалій і мутацій, що викликають промислові поллютанти, та будуть економічно вигідними для бюджету міста вкрай необхідне [165].

Для комплексного озеленення міст у 50 – 60 р. ХІХ ст. у нашій країні були виконані великі об'єми робіт і з озеленення промислових територій, створення штучних лісових смуг у СЗЗ [108]. У цей період захисні насадження формувалися по тому принципу, що засаджували території навколо підприємства тими рослинами, що були в наявності. Фітомеліорація тільки починала свій розвиток, у

зв'язку з чим, ніхто не знав настільки ефективно та корисно можна використати ті чи інші рослини, не були вирішені питання правильного добору деревних рослин. Починаючи з 70-х років XIX ст. озелененню промислових територій приділяється велика увага [137, 138, 178, 212, 267].

Виділяють наступні основні конструкції насаджень СЗЗ промислових підприємств [208]: непродувна; ажурна; продувна.

Біля підприємств, що виділяють в атмосферу тільки легкі гази (значно легші за повітря – водень H_2 ; метан CH_4) рекомендується створення насадження шляхом вільного розміщення ландшафтних груп з одночасним формуванням на межі з житловою забудовою смуги 50 м з метою захисту селітебних територій під час інверсій, коли повітря в СЗЗ може забруднюватись. Якщо переважають викиди газів середньої маси (близькі за масою до повітря – чадний газ CO ; H_2S ; пропан C_3H_8 ; вуглекислий газ CO_2 , й аерозолі у вигляді диму) то доцільне створення деревних насаджень, які посилюють турбулентність повітря, тобто сприяють кращому розсіюванню газів. Інтенсивне турбулентне переміщення і підйом маси повітря викликає зелена смуга непродувної конструкції з формою поперечного січення близької до прямокутника. У вертикальному профілі її немає наскрізних просвітів або їх площа не перевищує 5 %. Проте в таких насадженнях може накопичуватись велика кількість газоподібних сумішей. Це призводить до ушкодження рослин через нездатність детоксикувати шкідливі речовини за постійного надходження полютантів у великих концентраціях [189]. Такі насадження можна створювати в СЗЗ підприємств, які викидають в атмосферу малотоксичні забруднювачі у невеликих концентраціях.

Поблизу підприємств, що викидають в атмосферу важкі гази (більш ніж у 2 рази важчі за повітря – діоксид сірки SO_2 ; Cl_2 , аерозолі, які розповсюджуються у вигляді туману і пилу), деревні насадження формують у вигляді системи смуг ажурної конструкції. В облистеному стані вони мають наскрізні просвіти, які розподіленні по всій висоті більш або менш рівномірно. Для таких смуг форма поперечного січення суттєвого значення не має, проте бажано, щоб вона була прямокутною з оптимальним ступенем ажурності 25 – 35 % [292].

Якщо необхідно посилити провітрювання і в якійсь мірі обмежити осадження викидів у насадженні, використовують щільні або слабоажурні у верхній і середній його частинах конструкції зі наскрізними просвітами внизу. Вони можуть бути з низькорослими чагарниками або без них. Рекомендується створювати щільні непродувні смуги завширшки 22 – 25 м вони повинні складатися з 7 – 8 рядів дерев і кущів з відстанню між деревами – 1 – 3 м. Ширина ажурних смуг повинна бути 26 – 32 м з семи – десяти рядів дерев і кущів й відстанню між деревами в рядах 4 – 12 м і більше. [208]. Проте, надзвичайна щільність викликає застої забрудненого повітря, але найголовніше – конкуренція дерев призводить до ослаблення і зниження газостійкості [225].

Зелені насадження повинні займати 60 – 70 %, але не менше 40 % території СЗЗ, включаючи деревні масиви, газони, озеленені проїзди, бульвари. При ширині СЗЗ 50 м площа деревних масивів повинна становити 40–50 %, 100 м – 35–40 %, при 300 м – 40–50 %, 500 – 35–45 %, 1000 м – 40–50 % від загальної площі, площа газонів і озелених проїздів – 25–30 %, 25–30 %, 15–25, 13–20 та 10–15 % відповідно [208].

У межах санітарно-захисних насаджень доцільно виділяти зону найбільш високих концентрацій поллютантів. Так, стосовно сірчаного ангідриду (до 2 – 3 мг/м³), виділяють зону середнього забруднення (до 2 мг/м³) і зону слабого забруднення, де токсичні гази не перевищують ГДК більше ніж на 100 %. Добір порід для створення деревних насаджень у кожній зоні слід проводити з урахуванням їх газостійкості і загазованості території і [239] Тарабрин, 1986).

Ю. А. Атаманюк, Л. Л. Костюченко (1981) [14] вказують, що в СЗЗ слід створювати змішані насадження, що мають найбільшу біологічну стійкість і високі декоративні якості. Ці автори рекомендують використовувати як головні одну-дві стійкі деревні породи, котрі відрізняються найбільшою життєстійкістю в даних ґрунтово-кліматичних умовах і газостійкістю до викидів даного підприємства, допоміжні види дерев і два-три види чагарників з врахуванням їх взаємодії. Застосування чистопородних насаджень можливо тільки в крайніх несприятливих умовах, коли інші породи рослин недостатньо стійкі. Введення

чагарників необхідне для збереження ґрунтової вологи і загального збільшення листкової поверхні. Їх розміщують групами або поодинокі [14].

Широкий видовий спектр необхідний для запобігання масових хвороб і ураження шкідниками [357, 502]. Видове різноманіття буде сприяти підвищенню стійкості, покращенню умов зростання [485], збільшенню концентрації корисної мікрофлори [265]. У міру зниження вмісту в атмосфері викидів промислового виробництва, відзначається тенденція поступового збільшення видового різноманіття деревних і числа підросту основних лісотвірних порід (крім хвойних видів), особливо в листяних насадженнях [72].

Для СЗЗ рекомендується добирати головним чином стійкі до конкретних повітряних полутантів інтенсивно зростаючі рослини з найбільш швидким настанням їх захисної дії, раннім змиканням крон для скорочення витрат з догляду за ними [14, 131, 274]. Враховується довговічність рослин. Перевагу слід віддавати рослинам зі щільною, добре облистеною кроною: (тополя канадська, шовковиця біла, софора японська, тощо). Хоча ці породи можна рекомендувати лише для певних регіонів і умов зростання [14]. Оптимізуючи структуру насадження, можна суттєво знизити ступінь ушкодження і підвищити стійкість рослин захисних лісосмуг [225].

Для озеленення СЗЗ і промислових підприємств повинні використовуватися породи засухо- і жаростійкі, невибагливі до ґрунтових умов, стійкі до загазованості повітря [186, 188].

Необхідно виключити посадку в СЗЗ плодово-ягідних рослин, заборонити використання рослинних угруповань для цілей рекреації і на корм худобі. Максимальна ефективність в оздоровленні повітря і поліпшення санітарно-гігієнічних умов в озеленому просторі СЗЗ досягається через 8–10 років [265]. Нажаль, при створенні СЗЗ нерідко виявляються порушення в розмірі насаджень, відповідності класифікації підприємств тощо [421].

Отже, сучасний стан санітарно-захисних лісосмуг нині досить проблемний. Це вимагає докорінного поліпшення їх якості, удосконалення озеленувальних робіт, пошуку розробки шляхів ефективного використання потенційних

можливостей рослин для ослаблення дії шкідливих промислових забруднювачів атмосфери [240], що приведе до створення найсприятливіших умов для життєдіяльності людини.

1.2. Роль рослин в оптимізації екологічних наслідків техногенезу

Рослини зелених насаджень СЗЗ поглинають промислові поллютанти такі як хлориди, фториди, феноли, оксиди сірки та сірководень, осаджують пил і аерозолі важких металів і таким чином доочищують атмосферне повітря від цих забруднювачів [347, 484]. Акумуляція токсичних речовин листками залежить від багатьох факторів, серед яких провідна роль належить концентрації і часу поглинання їх з повітря [75]. Ряд авторів вважають, що показники накопичення основних форм фітотоксикантів можуть у середньому відображувати акумуляційну здатність різних видів рослин [75, 138, 267, 302].

Накопичення фтору в ґрунті поблизу джерел емісії було темою багатьох робіт, але тільки в деяких з них [397, 480, 496] зроблена спроба зв'язати накопичення цього елемента в рослинах з його вмістом у ґрунті. Збільшення вмісту цього забруднювача в ґрунті на 20 мг.г^{-1} веде до акумуляції одного мікрограму фтору на грам сухої речовини кормових рослин [397]. Газоподібні сполуки фтору рослини адсорбують поверхневими тканинами листків [68, 245, 347, 480, 496]. Суттєвий вплив на концентрацію адсорбованого фтору листками вказує просторове місцезнаходження дерева в насадженнях. Так, І. М. Павлов (1991) [224] встановив, що концентрація фтору в листках тополі, яка зростає в насадженнях на завітреному боці складає 64 % від вмісту на невітрянному боці.

Накопичення хлору в листках залежить від концентрації його в повітрі, що оточує рослини, та індивідуальних особливостей організму. За даними Г. М. Ілька (1971) [137] свидина біла, лох вузьколистий і тополя чорна здатні накопичувати біля заводу в 15–20 разів більше хлору, ніж рослини того ж виду в умовах чистої атмосфери, і листки їх не мають будь-яких ознак ушкодження газом. До 1 % хлору здатні накопичувати у своїх органах маслинка вузьколиста, шовковиця біла, робінія звичайна, тамарикс, залишаючись не ушкодженими [138].

Нешкідлива доза накопичення хлору в листках залежить від живильності ґрунтів, на яких зростають рослини. Так, на чорноземному ґрунті воно складало в листках верби білої 2,09, робінії звичайної – 2,54, тополі чорної – 3,17 %, а на піщаному ґрунті – 1,17, 1,48 та 2,72 % відповідно, тобто на 0,5 – 1,0 % більше [138].

Значна розповсюдженість піридину у складі атмосферних забруднювачів, а також широке використання рослин для оптимізації повітряного середовища на території промислових підприємств показує актуальність вивчення акумуляції його рослинами. Ємність поглинання піридину листками рослин знаходиться у межах 0,74 – 13,42 мг/г їх сирової маси. В. П. Тарабрін та ін. (1986) встановили що найменший цей показник у нестійких до піридину видів (ясен зелений, в'яз дрібнолистий, верба біла, горіхи маньчжурський і грецький). Найбільшою ємністю поглинання володіють стійкі види: клен гостролистий, липа дрібнолиста, клен ясенелистий, клен несправжньо-платановий, біла акація, шовковиця біла, тополя пірамідальна. Проміжне положення займають: тополя Болле, ясен зелений, береза повисла, айлант найвищий, сумах оленерогий, маслинка вузьколиста та ін. [301]. Піридин може міцно утримуватися в листках рослин. Малі, непошкодуючі його дози, потім можуть виділятися в оточуюче середовище. Коли механізм активного виділення ослаблений, рослина не в змозі повністю звільнитися від забруднювача. Незворотне поглинання піридину, як правило, викликає загибель окремих частин (клітин, листків), або всієї рослини [301, 303].

Деревні та трав'яні рослини здатні поглинати з повітря феноли [105, 164, 302, 303], і перетворювати їх до природних метаболітів [111, 315]. Чужорідні фенольні сполуки, що поглинаються листками рослин з атмосфери, забрудненої викидами коксохімічного виробництва, розподіляються в тканинах листової пластинки нерівномірно. Більша їх частина локалізована в периферійних найбільш ушкоджених ділянках листків. Це викликається тим, що проникність кутикули периферійних ділянок листової пластинки вища, ніж у центральній частині [162]. Але цей факт можна пояснити і рухом токсикантів по вільному простору тканин листків з током води за рахунок присисної сили транспірації [303].

Перетворення синтетичних і природних фенольних сполук у рослинах може відбуватися двома шляхами: перший – не пов'язаний з порушенням цілісності ароматичної структури молекул; другий – не призводить до розриву бензольного кільця [126]. Рослини, поглинаючи ди- і трифеноли, можуть використовувати їх як аглікони для синтезу β -глікозидів. Вивчаючи здатність рослин гліколізувати гідрохінон і резорцин, Прудхем (1958, 1964) [454, 455] встановив, що головний шлях їх детоксикації у вищих рослин це реакції глікозидування. Здатність вищих рослин до метаболічного розщеплення бензольного кільця ендогенних фенольних сполук була показана М. Н. Запрометовим (1959) [126], і пізніше підтверджена Д. Ш. Угрехелідзе (1976) [313]. Розщеплення бензольного кільця в клітинах вищих рослин можливе тільки за наявності в їх молекулах не менше двох гідроксильних груп. Д. І. Чканніков (1985) [325] виявив, що глибоке розщеплення екзогенних фенольних сполук рослинами, а також фенолів, що утворюються внаслідок гідроксилювання інших ксенобіотиків, до CO_2 здійснюються в незначній кількості.

Рослини поглинають оксиди азоту й аміак у вигляді іонів амонію, азотної та азотистої кислоти [446]. Проте для успішного їх знешкодження, необхідно щоб концентрація забруднювача не була згубною для рослин. Аміак у вільному стані міститься в рослинах у незначних кількостях. Оскільки його високий вміст отруйний для них, він дуже швидко перетворюється на органічні сполуки [136, 173]. Знешкодження аміаку здійснюється шляхом утворення амідів (аспарагін і глутамін), а також амонійних солей [136]. Засвоєння газоподібного аміаку рослинами відбувається доволі швидко, проте після насичення тканин цією сполукою інтенсивність включення в корені і листки зменшується або залишається на незмінному рівні.

Засвоєння й перетворення діоксиду азоту листками рослин відбувається з великою швидкістю. За даними С. В. Дурмішидзе (1977) [110], вже після двохвилинної експозиції пагона виноградної лози в атмосфері $^{15}\text{NO}_2$ всі органели клітин листків (ядра, пластиди, мітохондрії, рибосоми) були збагаченні міченим азотом. Діоксид нітрогену може застосовуватися коренями і зеленими пагонами. З

коренів ^{15}N пересувається у надземні органи рослин. Відновлений листками і коренями азот включається в амінокислоти. Спочатку з діоксиду азоту утворюється азотиста й азотна кислоти, котрі піддаються нейтралізації за допомогою катіонів.

За інтенсивністю поглинання і включення $^{15}\text{NO}_2$ в азотвмісні сполуки виділяється сосна ельдарська, дуб імеретинський, дуб грузинський, сосна чорна, граб кавказький, клен ясенolistий, яблуня звичайна [110].

Виявлена здатність накопичувати діоксид сірки в листі деревних рослин, що зростають навколо нафтопереробного заводу. Високий вміст сульфату вказує на значний рівень забруднення повітря SO_2 , що негативно впливає на навколишнє середовище і здоров'я громадян в цьому населеному районі [340].

Проведено оцінку деяких судинних рослин, які ростуть у місті Мадрид, як біомоніторів забруднення SO_2 в міських умовах. Загальна концентрація сірки в листках вищих рослин, а також інші параметри (симптоми видимих ушкоджень, вміст хлорофілу а і b і активність пероксидази) були використані для вивчення просторового розподілу і тимчасових змін поглинання SO_2 . Отримані результати показують, що хвойні види, такі як *Pinus picea*, були більш чутливі до концентрації SO_2 в атмосфері, ніж листяні, такі як *Quercus ilex*. Більш висока концентрація сірки спостерігається в овочевих культурах, розташованих поблизу автомагістралей і щільних дорожньо-транспортних насадженнях. Мінімальні значення накопичення SO_2 реєструвалися в зимовий і ранній весняний періоди (з січня по квітень) у зв'язку зі зупинкою росту; в той час як максимальні значення отримані в літній сезон (з червня по вересень), що автори пояснюють значними відкриттям продихів листків [392].

Поряд з акумуляцією сірки в листових пластинках [138, 484], більш високий її вміст відмічено також у провідних органах, черешках листків [517]. Сульфати із листків, котрі засвоїли сірчаний газ, пересуваються у місця з високою потребою в них: із старих листків у молоді [386, 452]. У період активного росту сірка переміщується в тканини, де відбувається найбільш інтенсивний синтез білка. У дослідах з міченим сірчаним газом виявлено, що в молодих листках

питома активність сірки в 1,5–2,0 рази вища, ніж у старих [198]. З початком затухання ростових процесів відток сульфатів у точки росту зменшується, і вони головним чином пересуваються в корені [303].

Н. Фоллер (1970) [371] встановив, що поглинання сірчаного газу листками відбувається тільки вдень. Питома вага сірчаного ангідриду в загальному балансі сірки може досягати 38–39 % в залежності від віку листків і забезпеченості ґрунту сіркою [198]. У забрудненій атмосфері підвищується вміст сірки і в кірці рослин [174].

Слід зазначити, що літературні дані щодо акумулюючої здатності сірки листками деревних рослин різних видів у техногенних умовах зростання часто не співпадають. Так, за даними В.П. Тарабріна зі спів. (1986) [303] найбільш високою газопоглинальною здатністю SO_2 в насадженнях м. Донецька відрізняються тамарикс гіллястий, тополя канадська, ясен зелений, тополя Болле, липа дрібнолиста, акація біла, дуб звичайний, найменшою – в'яз перистогіллястий, шовковиця біла, гледичія триколючкова, клен сріблястий, шовковиця біла, черемха пізня. Згідно дослідженням Ю. З. Кулагіна (1970) [177] в районі м. Уфи, до першої групи віднесені липа дрібнолиста, тополя бальзамічна, ясен зелений, жимолость татарська, а до другої – вяз гладкий, черемха звичайна, і клен ясенелистий. Н. В. Гетко (1972, 1989) [74, 75] встановила, що в дослідях з окуриванням SO_2 в лабораторних умовах найбільшою газопоглинальною здатністю володіють листки дуба звичайного, клена гостролистого, берези пухнастої, клена несправжньо-платанового, клена ясенелистого, робінії звичайної, тополі дельтовидної та липи крупнолистої. За дослідженнями Т. А. Сухарьової (2012) [299] у листках берези пухнастої, зростаючої в техногенних умовах, виявлені більш високі концентрації сірки та міді ніж у сосни звичайної.

У роботі Базовік та ін. (1975) [341] вказується, що у порядку убубання накопичення сірки, в листках у забрудненому середовищі породи дерев можна розташувати таким чином *Platanus orientalis*, *Populus robusta*, *Prunus pinardii*, *Acer negundo*, *Aesculus hippocastanum*, *Corylus colurna*, *Catalpa bignonioides*, *Acer dasycarpum*. І. І. Коршиков зі спів. (1995) виявили [161], що найбільше сірки в

умовах крупного індустріального міста акумулюється в листках калини звичайної, тополі бальзамічної, тополі пірамідальної, тополі канадської, чорної і, особливо, білої. Найменше її виявлено в листках абрикоса звичайного, ялини колючої, клена гостролистого, явора, горобини скандинавської, шовковиці білої. Згідно дослідженням С. О. Сергейчик, (1997) [270] максимальне накопичення сірки характерне для листків маслини вузьколистої, тополі китайської, клена гостролистого, липи дрібнолистої, тополі канадської, середнє – гіркокаштана звичайного, ясена звичайного, робінії звичайної, мінімальне – в'яза перистогіллястого, груші звичайної, троянди зморшкуватої.

Рослини здатні затримувати пил, кількість якого на листках закономірно зменшується зі збільшенням відстані від джерела викидів [38, 48, 101, 128, 344]. Запиленість атмосферного повітря в СЗЗ за наявності зелених насаджень була майже на 40 % нижча, ніж на відкритій місцевості в літній час та на 34 % в зимовий час [101]. Аналіз кількості пилу на листових пластинках дерев показав, що максимальне його накопичення спостерігається на листовій поверхні тополі пірамідальної (*Populus pyramidalis*) та каштана кінського (*Aesculus hippocastanum*), а найменше – клена звичайного (*Acer platanoides*) та липи серцелистої (*Tilia cordata*) [71]. Тополя чорна, осаджує за вегетаційний період приблизно 44 кг пилу, тополя біла – 53 кг, верба біла – 34 кг, клен ясенелистий – 30 кг [119].

У роботі В.П. Бессонової, О.А. Пономарьової (2010) [459] проведено порівняння осадження пилу листками *T. cordata* і *T. europaea*. Більший коефіцієнт седиментації виявлено у *T. europaea*. Значно більше пилу осаджають рослини біля металургійного комбінату з повним металургійним циклом порівняно з рослинами, що зростають біля цементного заводу. Спектр елементів, що входять до складу пилу, який осідав на листках рослин, у СЗЗ обох заводів близький, але їх частка від загальної маси сильно різниться, як і кількісні показники осадження кожним з цих видів рослин.

За даними О. М. Брагіної зі спів. (2015) [53], найбільшу кількість пилу в скверах м. Саратова, поблизу промислового комплексу, затримували листові

пластинки берези повислої і в'яза дрібнолистого, їм поступалися в'яз шорсткий, клен ясенелистий і липа серцелиста, замикали ряд у порядку зменшення цієї здатності ясензелений і клен псевдоплатановий. Згідно В.Б. Любимову зі спів. (2015) [194], кращими осаджувачами пилу в техногенних умовах були *Tilia cordata*, *Ulmus laevis*, *Spiraea salicifolia*. Хвойні породи завдяки тому, що хвоя на рослині присутня цілий рік, характеризуються високою пилотримуючою здатністю. Найкращими пилотримуючими функціями наділені *Piceae abies*, *Thuja occidentalis* [194].

Зелені насадження виконують очисні функції стосовно важких металів, накопичуючи їх в листках, пагонах та корі [8, 9, 28, 65, 92, 93, 159, 249, 263, 356, 366, 436, 487, 491, 494, 499]. В. П. Бессоновою (1991, 2006) [31, 35] проаналізовано накопичення ряду важких металів (Mn, Zn, Cu, Co, Cd, Pb, Ti та ін.) у листках деревних рослин у санітарній зоні металургійного підприємства з повним промисловим циклом, а також трубопрокатного та трубного заводів. Виявлена видова специфіка їх акумуляції. Подібна закономірність встановлена і для деревних рослин, що зростають в умовах техногенного забруднення різного походження [32].

Згідно даними М. В. Ларіонова (2012) [183], головними акумуляторами техногенних важких металів у містах Поволжя є представники дрібнолистяних порід, в першу чергу в'яз дрібнолистий і в'яз гладкий. З широколистяних порід – гіркокаштан звичайний, робінія звичайна, айлант найвищий, клен ясенелистий.

Е. Р. Диярова та ін., (2009) [103] визначили, що при здійсненні рекультивациі відвалів слід орієнтуватись на насадження осики і берези, як найкращі накопичувачі Ti, Mn, Sr. Осика обмежує поширення таких важких металів як Fe, Pb, береза – Mn. Завдяки поглинальній здатності, швидкості росту осика і береза рекомендуються при створенні СЗЗ техногенних ландшафтів.

Роботами Р. Х. Гиниятуллина (2009, 2010) [76, 77] встановлено, що на 1 га лісових насаджень тополі бальзамічної протягом вегетаційного сезону в умовах Стерлітамакського промислового центру в листках накопичується: Fe в 3,8 рази, Pb в 14,5 раз, Cd в 2,5 разів, а в гілках: Fe в 3,3 рази, Pb в 5,5 раз більше, ніж в

насадженнях берези повислої. Проте, на 1 га лісових насаджень в листі берези повислої акумулюється протягом вегетаційного сезону Са в 3 рази, Мп – 1,3 рази, а в гілках Мп в 5, Сu в 2,2 рази, Сd в 3,5 разів більше, ніж в насадженнях тополі бальзамічної.

В умовах промислового забруднення атмосфери металами і їх значного вмісту в ґрунті, вони акумулюються в додатковій кількості в органах хвойних. Наприклад, у хвої і 1–3 річних пагонах модрина Сукачова [78]. Показано накопичення важких металів у хвої ялини *Picea obovate* Ledeb. в залежності від відстані від цинкового заводу. Концентрації цинку перевищують фоновий рівень на відстані 1,0 км в 5,9 – 9,4 рази, а на відстані 5,0 км – в 5,8 – 6,2 рази; свинцю – в 7,4 – 14,3 і 3,0 – 17,9 рази відповідно [70]. Виявлено залежність концентрації міді, цинку і свинцю від віку і сезону року в хвої ялини сибірської (*Picea obovata* Ledeb). Максимальне накопичення даних металів відзначено в старій хвої і мінімальне – в молодій. Концентрація цинку, свинцю в хвої поточного року поблизу заводу перевищує фонові значення в 1,5 – 13 разів, у хвої четвертого року – 2,2 – 31,8 рази. Кількість цинку в хвої в літній період значно вища, ніж в зимовий. У зимовий період вміст свинцю вищий, ніж влітку, а в кількості міді – суттєвої різниці за сезонами не спостерігається [70]. Рослини здатні до накопичення й інших елементів, які не відносяться до групи важких металів, таких як Sr [103], As [494].

Зелені насадження СЗЗ підприємств не тільки сприяють доочищенню атмосферного повітря від поллютантів, але й зменшують шум працюючих машин [66, 109]. Так, інтенсивність шуму на територіях із зеленими насадженнями в 10 разів менша, ніж на не озелених територіях, зокрема деревостани листяних видів здатні відбивати до $\frac{3}{4}$ звукової енергії [330]. Звук поглинається повніше при розміщенні зелених насаджень безпосередньо біля джерела шуму [85]. Поглинання більш суттєве, якщо зелені насадження розмістити ступінчасто, причому біля джерела шуму – низькі посадки, а далі від нього – високі [113].

Зниження шуму в літній період у СЗЗ складає в середньому 16 дБ вранці. У зимовий період зелене насадження зменшує шум в середньому на 4,9 дБ.

Найбільш значущими і статистично достовірними параметрами, що впливають на величину зниження рівня звуку, є життєвий стан деревостану, висота чагарників, життєвість трав'яного ярусу [132, 133].

Таким чином, зелені насадження можуть бути ефективним засобом доочищення атмосферного повітря від шкідливих домішок, та пилу, боротьби з шумом при розміщенні їх з урахуванням звуковідбиваючих властивостей рослин. За допомогою деревної рослинності можливо створювати сприятливий мікроклімат.

1.3 Негативний вплив промислових емісій на рослини та групи їх стійкості

Деревні рослини в зоні викидів промислових підприємств відіграють роль біофільтрів, проте поглинання токсикантів у надлишкових кількостях може призвести до їх ушкодження, змін морфометричних показників і навіть загибелі. За характером прояву пошкоджень рослин атмосферними забруднювачами ще М. Фогль та спів. [507] виділили п'ять рівнів прояву дії сірчистого ангідриду на рослини: 1) без ушкоджень; 2) приховане або «фізіологічне»; 3) хронічне; 4) гостре; 5) катастрофічне. У третю фазу з'являються видимі ушкодження, а накопичення критичної дози газу викликає загибель рослини.

Більшість дослідників за характером і ступенем визначають три типи пошкодження рослин поллютантами: гостре, хронічне, й приховане. Гострі ушкодження виникають за дії на рослини високих концентрацій отруйної речовини протягом декількох хвилин або годин. При цьому відбуваються незворотні порушення листків, що проявляються у вигляді хлорозів або побуріння ділянок листків, їх поникненні й обпаданні [10, 11, 138, 267]. Характерно, що ушкодження листків виникають і за тривалої дії на рослини помірних доз токсичних газів. З'явлення таких симптомів спостерігали численні дослідники на різних рослинних об'єктах і за дії полікомпонентних викидів [42, 82, 138, 144, 145, 203, 212, 227, 333, 462].

З підвищенням рівня забруднення території у всіх видів рослин збільшується число листків з некрозами [467], а в голонасінних – зростає відсоток

хвої з показниками всихання [219]. При цьому показано що дорослі листки верби білої в зонах загазованості більш стійкі ніж молоді [101]. У роботі В.П. Бессонової, С.О. Яковлевої-Носарь, (2004) [44] вказується, що самосів *Acer negundo*, *Fraxinus lanceolate*, *Robinia pseudoacacia*, *Ulmus caprinifolia* першого року життя ушкоджується істотніше, ніж шостого.

Масове пошкодження рослин у промислових містах відбувається протягом всього вегетаційного періоду. Навіть у середині літа відзначається зміна забарвлення листя: з'являються бліді точки, невеликі плями, які в подальшому перетворюються на плямистий некроз, висихають і часто випадають, надаючи листкам характерний дірчастий вигляд. До кінця вегетації на листках багатьох видів простежується крайової некроз і ураження тканин [241]. Як наслідок негативної дії забруднювачів довкілля на фізіолого-біохімічні процеси, спостерігається більш раннє старіння та відмирання листків рослин [179, 181, 202]. Високий рівень техногенного забруднення ґрунтів і фітомаси деревних рослин вздовж автотраси з інтенсивним рухом транспорту призводить до того, що вже наприкінці червня – на початку липня листки *T. cordata* і *A. platanooides* буріють, а наприкінці липня та в серпні крони оголюються внаслідок дефоліації [193]. Такі ж ураження характерні і для *Aesculus hippocastanum*. Базуючись на результатах досліджень, автори роблять висновок, що головною причиною катастрофічного стану цих рослин у вуличних насадженнях м. Києва є критичні рівні техногенного забруднення [250].

В.П. Тарабрін зі спів. (1986) [303] підкреслює, що ступінь пошкодження рослин у більшості випадків може бути виявлена тільки на підставі вивчення і аналізу зовнішніх симптомів. Усі спроби застосування в діагностиці реакцій на клітинно-тканинному рівні виявилися безуспішними [97].

У разі проникнення в органи рослин невеликих доз газів систематично або періодично виникають хронічні ураження. Вони проявляються у зменшенні лінійних розмірів асиміляційних органів, передчасному листопаді [10, 11, 178, 460]. В залежності від рівня забруднення довкілля і стійкості рослин у даних екологічних умовах скорочується площа листових пластинок у покритонасінних

[38, 101, 128, 298, 327, 330, 334, 429, 460, 467, 503] та довжина хвої у голонасінних [157, 174].

На зменшення розмірів листків за дії аерополітантів вказують також [22, 144, 327, 429, 478]. Проте деякі дослідники не спостерігали змін площі листків. Це відмічає І. Л. Бухаріна (2008) [57] щодо тополі бальзамічної в умовах СЗЗ підприємств. Можливі зміни форми листків [22]. Н. О. Олексійченко та А. Ф. Ліхановим (2016) [220] на основі аналізу варіабельності морфометричних показників листків п'яти видів роду *Tilia* L. встановлено, що їх площа у досліджених рослин має найтісніші зв'язки з розмірами ширини листкової пластинки ($r = 0,98$). Показано, що в умовах автотранспортного забруднення у рослин *T. platyphyllos* Scop., *T. × europea* L., *T. tomentosa* Moench., *T. begoniifolia* Steven зростає коефіцієнт відношення периметра листкової пластинки до кореня квадратного її площі. З'ясовано, що в умовах міських насаджень у листках рослини роду *Tilia* підвищується вміст природних фенольних сполук, зокрема оксикоричних кислот і їх кон'югатів, які виявляють антиоксидантні властивості.

Забруднення атмосферного повітря промисловими газами викликають кількісні зміни товщини гістологічних елементів стебел та листків дерев [34, 40, 115, 342, 383], підліску [398].

Урбанізовані умови впливають на структурні властивості листя, що може привести до падіння інтенсивності фотосинтезу через скорочення площі листків, меншу продихову щільність і ширину продихової щілини і, ймовірно, більш високу чутливість до посухи через потоншення кутикули [460].

Характер ураження визначається співвідношенням двох протилежних процесів: 1) швидкістю надходження промислових токсикантів у внутрішні тканини листа та інші органи; 2) детоксикацією або включенням у метаболізм без порушення функцій і структури органів асиміляції. Перевага будь-якого з них у рослині залежить від анатомо-морфологічної будови листків та фізіолого-біохімічних властивостей [163, 333].

Зростанню пошкодженості рослин газами сприяє підвищена температура, сонячна радіація, вологість повітря, тобто чинники, що збільшують газообмін і

поглинання токсичних газів [138, 212, 216]. Ступінь пошкодження органів рослин залежить від хімічного складу й агрегатного стану токсикантів, їх концентрації та тривалості впливу, віку рослинних організмів.

Навіть при дотриманні норм ПДВ і ГДК деревні рослини навколо промислових підприємств і вздовж автодоріг також деградують і гинуть. Дана обставина свідчить про високу чутливість рослин до багатьох видів забруднення [4]. Це пов'язано з тим, що для рослин ГДК газоподібних поллютантів значно нижчі існуючих санітарно-гігієнічних норм для людини [213]. Наприклад, аналіз рівнів гранично-допустимих концентрацій шкідливих речовин показує, що середньодобові ГДК (в мг / м³) за сполуками фтору для населення становлять 0,02, а для рослинності – 0,0005 [3], діоксиду сірки – 0,05 та – 0,015; хлору – 0,03, й – 0,015; формальдегідів – 0,003, та – 0,003 відповідно [215].

Пошкодження листків забруднювачами повітря, таких як діоксид сірки, викликаються саме за рахунок утворення активних форм кисню. Забруднювачі повітря, призводять до активізації вільно-радикальних процесів [26, 33, 64, 317].

Активація промисловими токсикантами пероксидного окислення ліпідів, в тому числі хлоропластів [31, 462], мембран та утворення ТБК-продуктів мембран є показником порушення нормального стану організму [35, 94, 376]. Вільнорадикальні процеси в рослинній клітині негативно впливають на всі фізіолого-біохімічні процеси і впершу чергу на фотосинтез. У стійких видів рослин діють механізми, спрямовані на активацію антиоксидантних систем клітини. Підвищення активності ферментів антиоксидантного захисту є проявом адаптивних процесів рослинних організмів [29, 30, 317, 376]. До системи антиоксидантного захисту відносять і такі низькомолекулярні сполуки як аскорбінова кислота, глутатіон, каротиноїди, токоферол, вміст яких в рослинних тканинах за дії забруднювачів змінюється [31, 56, 94, 95, 317, 376, 479]. Для координації антиоксидантних реакцій функціонують складні механізми регуляції як на рівні гена, так і білка (ізоформи) [244].

Фотосинтетичний апарат рослин вельми чутливий до дії кислих газів (SO₂, CO₂, Cl₂, NO_x, HF та важких металів. Ці поллютанти викликають набрякання

хлоропластів, порушення структури [138, 269, 464], зменшення їх розмірів [327]. негативно впливають на біосинтез хлорофілів a і b , сприяють їх окисленню [16, 31, 138, 227, 346, 367, 500]. Проте у стійких до помірного забруднення повітря видів рослин вміст хлорофілу може навіть підвищуватися, або істотно не змінюватися [327, 459, 479].

Діоксид сірки знижує швидкість фотосинтезу [396] здатність поглинати та фіксувати карбон [360]. Низькі концентрації повітряних поллютантів спричиняють повільне зниження інтенсивності фотосинтезу [56, 81, 138, 303]. Але гостра або тривала хронічна дія інгредієнтів промислових викидів призводить до пригнічення фотосинтетичних процесів, а отже до гальмування ростових процесів, падіння продуктивності рослин.

За дії хронічного ураження деревних рослин повітряними поллютантами зменшується приріст за висотою [10, 178, 309, 450]. Простежується тенденція відмінності зростання у висоту в зв'язку зі змінами екологічних навантажень на зелені насадження. Так при збільшенні щільності комплексу негативних факторів в урботехногенних умовах спостерігається зниження висоти насаджень [5], пригнічується ріст діаметра стовбуру [398]. Падає інтенсивність накопичення органічної речовини пагонами і листками [334].

В умовах техногенного стресу у деревних рослин часто змінюється морфоструктура крони. Сосна звичайна під захистом листяних дерев відрізняється закругленим ростом, проте некроз хвої відсутній [223]. У модрини сибірської зі зростанням техногенних навантажень збільшується «сплюснутість» крони, зменшується її діаметр [2]. І. І. Коршиков (2004) [163] вказує, що для більшості рослин характерний незавершений, нетривалий онтогенез зі швидким переходом до сенильного періоду. В результаті постійного відмирання осьових пагонів, гілок різного порядку формуються малооб'ємні куцоподібні форми деревних рослин [163]. Спостерігається відмирання верхівок, внаслідок чого формується багатoverхівковість [107], збільшується кут прикріплення гілок до стовбуру, втрачається апікальна домінантність [309].

У дорослих сформованих особин зовнішній вигляд змінюється переважно за рахунок зрідження крони і новоутворення додаткових пагонів із сплячих бруньок і брахібластів. Серед характерних особливостей можна назвати водяні пагони у листових дерев, які іноді розташовані пучками, рясні ствольні пагони [7].

Морфометричні параметри органів деревних рослин, та фізіолого-біохімічних процесів, які змінюються під дією промислових ексгалатів, можуть буди індикаторами забруднення територій промисловими поллютантами [255, 286, 342, 412]. Динаміка реакцій біометричних показників сосни звичайної дозволяє оцінити екологічний стан і рівень деградації міського середовища, а також межі стійкості рослин до техногенного забруднення [1]. Досліджено високі індикаційні можливості тополі дельтолистої порівняно з липою серцелистою та гіркокаштаном звичайним за морфологічними показниками [118].

У. Х. Сміт (1985) [293] виділив потенційні точки впливу атмосферних полютантів на репродуктивність лісових порід. Це продукція пилку, запилення, запліднення, формування плодів і насіння, проростання насіння. Продукується пилок низької якості [28, 43, 140, 144, 145, 309]. Спостерігається часткова або повна втрата здатності до плодоношення деревних рослин [10, 27, 42, 181]. З. В. Грицай та О. Г. Денисенко (2011) [91] виявили зменшення розмірів плодів *Fraxinus excelsior* і *Ailanthus altissima* із порушеннями розвитку: недорозвиток і аномальна форма крилатки.

Ю. М. Петрушкевич (2018) [232] досліджено насінневу продуктивність та посівні якості насіння *Betula pendula* Roth., які підпадають під негативний вплив вихлопних газів автотранспорту та викидів промислових підприємств у Кривому Розі. Результати показали зменшення розмірів жіночих сережок, а також зниження, маси 1000 насінин, доброякісності, енергії проростання та схожості насіння з підвищенням рівня забруднення. За даними С.В. Васильєва, Ф.А. Чепикова (2008) [60], у 75 % у повнозернистого насіння клена гостролистого з різних причин відмирав зародок.

Емісія токсичних полютантів крупними заводами і підприємствами викликає ушкодження лісових екосистем протягом багатьох років [202, 203, 397,

480, 496]. Будь-який вплив забруднення атмосфери на ріст і якість рослини – відбивається на їх продуктивності. Дія на продуктивність рослин може бути ширшою, ніж зміни біомаси і розмірів органів. Це ще й зміни, які знижують цінність рослинної продукції на ринку або в екосистемі. Правильна оцінка наслідків післядії атмосферних забруднювачів на продуктивність рослин необхідна для розробки розумної і ефективної стратегії контролю та критеріїв розміщення джерел забруднення [191].

Отже, під впливом інгредієнтів промислових викидів погіршується життєвий стан рослин і страждає найважливіша роль – здатність виконувати захисні функції в екосистемах [58, 271, 272]. Тому дуже актуальним є питання стійкості рослин до аерополітантів.

Під стійкістю рослин до дії газоподібних токсикантів розуміють їх здатність, зростати в умовах забрудненої атмосфери, суттєво не знижуючи ріст і зберігати здатність до насінневого розмноження [178]. Рівень стійкості рослин визначають за ступенем зниження тривалості і інтенсивності росту, врожайності, а також за зовнішніми ознаками ушкодження їх листків. За відношенням до промислових токсикантів немає й не може бути абсолютно стійких або нестійких видів рослин, так само як немає абсолютно жаро-, посухо-, соле-, холодо- і морозостійких видів [301]. Їх стійкість в значній мірі залежить від конструкцій посадки, характеру виробничих викидів в атмосферу, тривалості їх дії, рівня агротехніки, особливостей посадки і догляду за насадженнями, кліматичних і ґрунтових умов, відстані до джерела забруднення, розміщення рослин тощо.

Н.П. Красинський (1950) [172] розглядав такі види газостійкості: біологічну, морфо-анатомічну і фізіологічну. Ю.З.Кулагін (1970) [177] виділив сім видів стійкості до газоподібних токсикантів: 1) структурну (анатомо-морфологічна, за Красинським); 2) фізіологічну; 3) біохімічну; 4) регенераційну (біологічна, за Красинським); 5) анабіотичну; 6) популяційну; фітоценотичну. Існують різні класифікації визначення стійкості рослин. Так, В. С. Ніколаєвський (1964) [216] запропонував виділяти стійкість пасивну, виходячи з особливостей анатомо-морфологічної будови й роботи продигового апарату, що знижують інтенсивність

поглинання газів і активну фізіологічну – здатність миритися з поглиненим газом, позбуватися його або детоксикувати.

Зазвичай виділяють три категорії стійкості рослин: стійкі, середньостійкі, нестійкі [75, 137, 172, 216, 306]. Слід зазначити, що проведено багато досліджень з визначення чутливості деревних порід до повітряних поллютантів.

Дослідами В.А. Попова (1975) [242] в умовах Донбасу визначено, що до оксидів азоту та аміаку стійкими є абрикос звичайний, в'яз гладкий, вишня-магалебка, дівочий виноград п'ятилисточковий, карагана деревовидна, робінія звичайна, клени польовий і ясенелистий, татарський, тамарикс чотирьохтичинковий, тополі чорна, пірамідальна і китайська, шовковиця біла, троянда зморшкувата.

Дуже стійкими видами до викиду заводів азотних добрив (Чонавський завод, Польща) виявилися бруслина європейська, бузина червона, в'яз листуватий, клен гостролистий і ясенелистий, тополя канадська. Нестійкі види – ялина звичайна, ялівець козацький, сосна звичайна, а малостійкі – береза повисла, тополя тремтяча, середньостійкі – свидина біла, дуб звучаний, верба козяча, крушина ламка, липа дрібнолиста, модрина сибірська, вільха сіра і чорна, бузок звичайний, ясен звичайний [12].

Бельгійська комісія з озеленення промислових підприємств, що викидають у повітря хлористий водень, розташовує вивчені види, починаючи з менш стійких у такому порядку: ліщина звичайна, дуб звичайний, береза повисла, клен польовий, верба попеляста, модрина європейська, ясен звичайний, тополя срібляста, тополя тремтяча, туя східна, троянда [13].

Таблиці усередненої газостійкості деревних рослин на підставі порівняльної характеристики витривалості за ступенем ушкодження листків, а також за узагальненням літературних даних наводять Г. М. Ількун, (1978) [138], В. С. Ніколаєвський (1979) [212], Н. В. Гетко (1989) [75], С.О. Сергейчик (1994) [268], І. І. Коршиков зі спів. (1995) [161] тощо. Ці дослідники надають списки стійких і чутливих до викидів різних типів промислових підприємств, а також до конкретних поллютантів [75, 102, 161, 212]. Проте слід відзначити, що дані

отримані в лабораторних умовах не завжди можна переносити на цілісний організм в польових умовах.

Характерно, що автори вищенаведених класифікацій чутливості деревних рослин до повітряних поллютантів не вказують рівень змін конкретних морфометричних та фізіологічних показників у різних видів рослин при розробці асортименту для зон забруднення різних промислових підприємств, також, як і для конкретних поллютантів. Основним критерієм віднесення рослин до певних груп стійкості є візуальні спостереження. В роботі В.П. Бессонової, О.Е. Іванченко (2013) [47] поділ рослин на 5 груп стійкості до комплексу забруднювачів комбінату чорної металургії здійснено з врахуванням таких показників як рівень пошкодження листків і їх площі, скорочення річного приросту пагонів та ступень втрати рослинами декоративності в різних зонах забруднення. Всього проаналізовано 34 види деревних рослин.

Отже, рядом дослідників запропоновано шкали, в яких рослини розподілені за рівнем стійкості до комплексу поллютантів певних промислових підприємств, або конкретних забруднювачів (SO_2 , NH_3 , NO_x та ін.) від двох градацій (стійкі, чутливі) до чотирьох (дуже стійкі, відносно стійкі, малостійкі, нестійкі). Проте, через те, що дослідження здійсненні в різних кліматичних зонах та за дії на рослинні організми різних співвідношень тих чи інших поллютантів, ряди стійкості в наданих шкалах не завжди співпадають.

Добір для СЗЗ промислових підприємств, газостійких асортиментів дерев і кущів, що мають високу ємність поглинання і знешкодження газоподібних токсикантів, – перспективний напрям досліджень з розробки наукових основ оптимізації довкілля методами озеленення. Необхідно при цьому керуватись принципом, який враховує ступінь відповідності екологічних вимог рослин в певних умовах зростання.

Висновки до розділу

1. Забруднення оточуючого середовища інгредієнтами промислових та автомобільних викидів створює реальну небезпеку для здоров'я людини, викликає специфічні і неспецифічні захворювання, мутагенні зміни в спадковості, що може вплинути на життєвість та психіку наступних поколінь. Наявність екологічної загрози і ступінь її вираженості визначають стратегію і тактику заходів зі захисту довкілля від шкідливих впливів.

2. Промислові фільтри не в змозі очистити всю кількість шкідливого пилу та диму. Тому необхідно залучати біологічні методи доочистки атмосферного повітря. Важлива роль в оптимізації стану оточуючого середовища належить деревним насадженням СЗЗ промислових підприємств, створенню яких приділяється ще недостатня увага.

3. Здатність зелених насаджень ефективно виконувати санітарно-гігієнічні функції залежить від їх конструкції, видового складу, толерантності рослин і ємності поглинання промислових поллютантів. І хоча здійснена достатня кількість досліджень у цьому напрямку, проте вирішення цих питань ще далеко не завершене. Значна кількість робіт з вивчення акумуляції газоподібних токсикантів органами рослин проведена в лабораторії шляхом їх газування у камерах, що не може повністю відповідати умовам біля промислових підприємств, оскільки повітря забруднюється складним «букетом» газів. Спостерігається також нерівномірність забруднення повітря як протягом доби, так і вегетаційного періоду. Характер реакції рослин на комплекс забруднювачів залежить також від погодно-кліматичні умови і походження рослин. Отже, переносити результати, отримані в інших регіонах та на підприємствах того ж профілю, але з певною специфікою технологічних процесів, не можливо.

Перспективними є дослідження еколого-біологічних характеристик зелених масивів СЗЗ промислових підприємств з метою удосконалення їх конструкцій, видового складу, санітарно-гігієнічних функцій. Результати можуть бути основою для реконструкцій цих насаджень у СЗЗ в м. Запоріжжя.

Перелік посилань за матеріалами першого розділу: [1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 21, 22, 23, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 38, 40, 42, 43, 44, 47, 48, 49, 50, 51, 53, 56, 57, 58, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 81, 80, 82, 83, 85, 86, 87, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 97, 101, 102, 103, 105, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 115, 118, 119, 121, 123, 124, 125, 126, 128, 131, 132, 133, 136, 137, 138, 140, 142, 144, 145, 149, 150, 153, 157, 159, 161, 162, 163, 164, 165, 171, 172, 173, 174, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 183, 184, 185, 186, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 198, 199, 201, 202, 203, 204, 208, 209, 212, 213, 215, 216, 217, 219, 220, 223, 224, 225, 227, 228, 232, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 244, 245, 247, 249, 250, 251, 252, 255, 256, 263, 265, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 274, 286, 292, 293, 295, 296, 298, 299, 301, 302, 303, 305, 306, 308, 309, 310, 312, 313, 315, 316, 318, 317, 320, 325, 327, 328, 329, 330, 331, 333, 334, 336, 339, 340, 341, 342, 344, 345, 346, 347, 350, 356, 357, 358, 360, 365, 366, 367, 371, 372, 376, 379, 380, 383, 386, 388, 389, 392, 396, 397, 398, 405, 406, 407, 412, 418, 421, 424, 425, 426, 429, 432, 436, 440, 444, 445, 446, 448, 449, 450, 452, 454, 455, 459, 460, 462, 463, 464, 467, 473, 475, 477, 478, 479, 480, 482, 484, 485, 486, 487, 488, 491, 494, 496, 499, 500, 502, 503, 507, 508, 510, 512, 513, 514, 516, 517].

РОЗДІЛ 2

ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ, ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження проводилися протягом чотирьох років (2017 – 2020 рр.) в зелених насадженнях СЗЗ промислових підприємств м. Запоріжжя, а також в лабораторних умовах кафедри садово-паркового господарства Дніпровського аграрно-економічного університету.

2.1 Ґрунтово-кліматична характеристика території дослідження

Місто Запоріжжя розташоване в південно-східній частині України, на рівнині між Придніпровською і Причорноморською низовинами, в нижній течії Дніпра, там де русло річки ділиться на два рукави островом Хортиця.

Географічне положення м. Запоріжжя та особливості циркуляції атмосфери, що властиві цьому району, визначають факт недостатнього зволоження на його території. Район м. Запоріжжя відноситься до помірного кліматичного поясу з впливом Атлантичного океану і континенту, з одного боку, і південних широт – з іншого. Циклони, зазвичай пересуваються із заходу і південного заходу. Вони забезпечують перенесення вологих і теплих повітряних мас, антициклони з північного заходу – перенесення холодних повітряних мас. Основною формою циркуляції є циклонічна діяльність помірних широт. Циклони особливо часті з листопада до травня [99, 100, 226, 234, 248].

У перехідні сезони і в холодну пору року головну роль у формуванні погоди відіграють циркуляційні чинники, а в теплий період радіаційні фактори переважають над циркуляцією.

Зима починається наприкінці листопада – на початку грудня. Вона помірно холодна, малосніжна, переважає нестійка погода з чисельними відлигами, після яких відбуваються різкі похолодання. Весна зазвичай наступає в першій декаді березня. Характерною особливістю весни є інтенсивне наростання тепла, завдяки цьому весняні процеси розвиваються швидко і весна зазвичай буває короткою.

Для літнього періоду характерні посушливі сухувійні явища, які в окремі роки є особливо інтенсивними. Літо тепле, зазвичай починається в перших числах травня й триває до початку жовтня, охоплюючи період близько п'яти місяців. В окремі періоди переміщення холодніших повітряних мас супроводжується активною грозовою діяльністю, виникають небезпечні метеорологічні явища: сильні зливи, шквали, град. Осінь зазвичай настає у третій декаді вересня. Для осені характерне періодичне повернення тепла на загальному фоні зниження температури та початок заморозків [297].

Таблиця 2.1

Характеристика метеорологічних умов 2017–2019 рр. за даними
авіаметеостанції м. Запоріжжя

| Місяць | Температура повітря, °С | | | Середня багаторічна норма °С | Опади, мм | | | Середня багаторічна норма, мм |
|----------|-------------------------|-------|-------|------------------------------|-----------|------|------|-------------------------------|
| | 2017 | 2018 | 2019 | | 2017 | 2018 | 2019 | |
| Січень | -4,4 | -1,6 | -1,85 | -3,2 | 43 | 46 | 47 | 45 |
| Лютий | -2,7 | -1,6 | -2,8 | -0,3 | 40 | 37 | 37 | 38 |
| Березень | +6,6 | 0 | 5,8 | +5 | 33 | 34 | 32 | 33 |
| Квітень | +9,3 | +7,2 | +7,7 | +10,9 | 30 | 38 | 34 | 34 |
| Травень | +16,2 | +19 | +18 | +17,3 | 47 | 42 | 43 | 44 |
| Червень | +21,7 | +22,5 | +24,4 | +21,9 | 51 | 55 | 56 | 54 |
| Липень | +23 | +24,3 | +22,5 | +23,5 | 49 | 48 | 46 | 48 |
| Серпень | +25 | +24 | +21 | +24 | 42 | 38 | 38 | 39 |
| Вересень | +19,3 | +18,6 | +17,1 | +18,2 | 31 | 35 | 32 | 33 |
| Жовтень | +9 | +12+ | +11 | +9,4 | 30 | 33 | 27 | 30 |
| Листопад | +4,4 | -1,3 | +5,7 | +3,6 | 44 | 40 | 40 | 41 |
| Грудень | +4,6 | -0,2 | +1,4 | +0,2 | 49 | 47 | 50 | 49 |

Сумарна тривалість сонячної радіації за рік становить 2150 годин. Середньорічна температура повітря коливається від +8,2 до +9,4 °С. Середня багаторічна температура повітря найтеплішого місяця (липня) +22,0 °С

(максимальні температури $+39-40\text{ }^{\circ}\text{C}$), а найбільш холодного (січня) – $4,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ морозу (мінімальні температури $-31-33\text{ }^{\circ}\text{C}$ морозу) (табл. 2.1). В лютому можливі морози до $27-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Абсолютний мінімум температури повітря: $-32,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, зафіксована 10 січня 1940 року, абсолютний максимум: $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ – 11 серпня 2010 року. Середня глибина промерзання ґрунту – $0,8\text{ м}$, максимальна – близько 1 м .

На рис. 2.1 представлені середньобагаторічні температури в м. Запоріжжя.

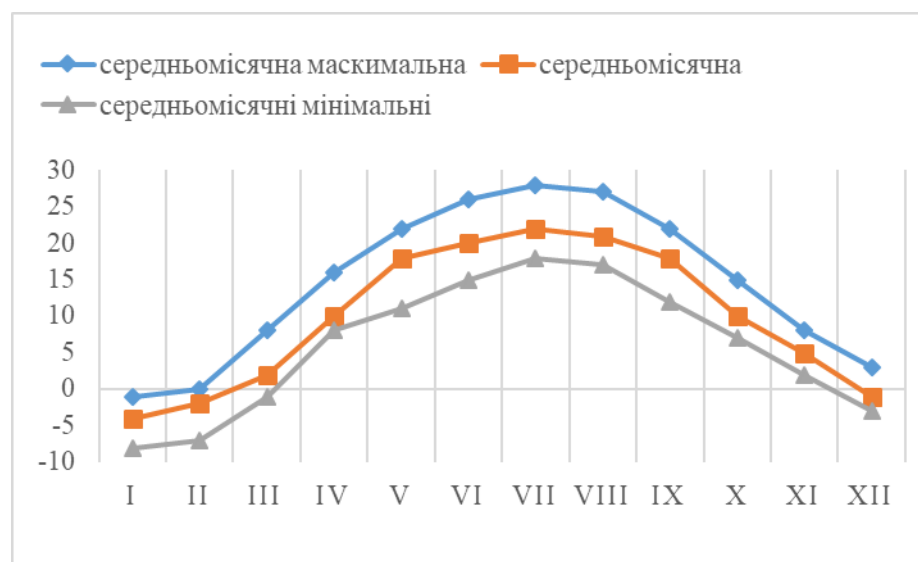


Рис. 2.1. Середньомісячні багаторічні температури в м. Запоріжжя

Тривалість безморозного періоду в місті в середньому складає 193 дні. Перші морози бувають у першій половині жовтня, в північно-східних районах – у другій половині вересня. Закінчуються морози, як правило, в квітні, в окремі роки – у першій половині травня [100; 234, 252].

За умовами забезпеченості вологою територія міста належить до посушливої зони. Середньорічна кількість опадів становить 443 мм . Найбільша місячна кількість опадів: $198,2\text{ мм}$ зафіксовано в серпні 2010 року, найбільша добова кількість: $121,1\text{ мм}$ – 4 серпня 2019 року (табл. 2.1). Коефіцієнт зволоження – $0,6-0,7$.

Взимку середня місячна відносна вологість повітря досягає максимальних значень. Її максимум 86% спостерігається в грудні. У літні місяці відносна вологість найнижча і становить в липні-серпні 48% [99].

Вітровий режим м. Запоріжжя обумовлений загально циркуляційними чинниками півдня і південного сходу європейської території країни, географічним

положенням міста, рельєфом місцевості. Місто суттєво впливає на формування режиму вітру. Наявність високих будівель, парків, скверів, бульварів, призводить до постійного виникнення його місцевих підсилень або послаблень. Найбільшу повторюваність взимку мають північно-східні і східні вітри. Влітку дещо більша повторюваність північних і північно-західних вітрів. Навесні і восени частіше спостерігаються вітри північно-східного і східного напрямку. Середня швидкість вітру становить 3,8 м/сек, на околицях міста вона посилюється до 4,2 м/сек. Максимальна швидкість вітру, до 28 м/сек, спостерігається один раз на 15–20 років, але 16 лютого 1969 році була зафіксована швидкість 40 м/с.

Протягом багаторічних спостережень можна виявити ряд несприятливих метеорологічних явищ, які викликані як глобальними, так і локальними чинниками. Серед них варто відмітити грози, тумани, суховії, хуртовини, промерзання ґрунту тощо. У середньому, місто вкрито туманом 45 днів на рік. Найбільше їх число – 60 днів на рік. Тумани в місті можуть спостерігатись в усі місяці року. Найчастіше вони утворюються в холодний період (листопад-березень), максимум (9 днів) їх повторюваності припадає на січень-грудень. Число днів з туманом з жовтня до березня – 39, а з квітня до вересня – 4. В середньому за рік – 45. У теплий період року добовий хід туманів виражений чітко, а в холодний – згладжений. Найбільш часто (67%) тумани спостерігаються в нічні та ранкові години. В кінці весни тумани не тривалі, в середньому близько трьох годин. Найбільш тривалими і стійкі осінні і зимові адвективні тумани. В середньому в холодний період туман триває 7,3 годин. Сумарна тривалість за рік становить 315 год., в тому числі 307 в холодний період року (жовтень – березень) і 18 год. – в теплий (квітень – вересень) [100, 182, 197].

Приземні інверсії температур дуже часто спостерігаються в нічний час, в середньому за рік в 64 % від усіх випадків випусків радіозондів, у денні години рідко, – в середньому за рік в 6% випадків. У річному ході нічні приземні інверсії найчастіше фіксується в теплу частину року – з квітня по жовтень (70 – 80 %). Денні приземні інверсії найчастіше спостерігаються в січні (8 %) і в грудні (11 %). Найменша повторюваність нічних інверсій в лютому (28 %), денних у лютому (2

%). Середня потужність (товщина шару) бокових інверсій в нічний час коливається в окремі місяці від 0,26 до 0,57 км, середня їх річна потужність у денні години 0,24 км [252].

Зональні ґрунти представлені в основному чорноземами звичайними на лесових породах і чорноземами південними на лесах. Чорноземи звичайні за глибиною профілю, вмістом гумусу й іншим фізико-хімічними ознаками діляться на чорноземи звичайні глибокі, чорноземи звичайні та чорноземи звичайні неглибокі. Глибина гумусового профілю в чорноземах звичайних глибоких 85–100 см, у чорноземах звичайних – 75 – 85 см, у чорноземах звичайних неглибоких. Для області характерний рівнинний ландшафт. Ґрунти переважно чорноземні. За механічний складом ґрунти в основному важко суглинисті, і глинисті, зустрічаються супіщані, легко і середньо суглинисті. Реакція ґрунтового розчину близька до нейтральної [98, 134, 233].

2.2 Стан атмосферного повітря міста Запоріжжя

Запоріжжя за рівнем промислового потенціалу замикає п'ятірку найбільших індустріальних центрів України [311]. Основний вклад в забруднення атмосферного повітря міста вносять металургійні заводи. Найпоширенішими інгредієнтами промислових викидів є діоксид карбону, хлорофлуорокарбони, метан, діоксид сірки, оксиди нітрогену, феноли, хлористі сполуки, пил, важкі метали тощо [19, 117, 160, 350].

По Запорізькій області кількість викидів від стаціонарних та пересувних джерел забруднення, загалом, в середньому складає 283 тис. тон [116]. Частка оксиду вуглецю становить 38,71 %, діоксиду сірки – 33,35 %, оксиду нітрогену – 16,24 %, пилу – 8,18 %. У містах особливо забруднюється повітря житлових кварталів, розташованих у безпосередній близькості від промислових зон, а також районів з високою інтенсивністю трафіку [490]. Вміст забруднюючих речовин в атмосферному повітрі м. Запоріжжя за 2018 рік наведено в таблиці 2.2 [116].

Вміст забруднюючих речовин у атмосферному повітрі м. Запоріжжя (2018 р.)

| Назва забруднюючих речовини | Середньорічний вміст, мг/м ³ | Середньодобові ГДК, мг/м ³ | Макс. разові ГДК, мг/м ³ | Макс. вміст, мг/м ³ |
|-----------------------------|---|---------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|
| Пил | 0,1 | 0,15 | 0,5 | 1,4 |
| Діоксид сірки | 0,008 | 0,05 | 0,50 | 0,02 |
| Діоксид нітрогену | 0,09 | 0,04 | 0,20 | 0,38 |
| Оксид нітрогену | 0,06 | 0,06 | 0,40 | 0,14 |
| Оксид карбону | 1,0 | 3,0 | 5,0 | 6,0 |
| Формальдегід | 0,004 | 0,003 | 0,035 | 0,016 |
| Фенол | 0,006 | 0,003 | 0,01 | 0,015 |
| Фтористий водень | 0,0 | 0,005 | 0,02 | 0,002 |
| Хлористий водень | 0,03 | 0,20 | 0,20 | 0,13 |
| Сірководень | 0,002 | – | 0,008 | 0,008 |

Усереднені концентрації забруднювачів у місті за жовтень 2019 року наведено в табл. 2.3

Таблиця 2.3

Середня концентрація забруднюючих речовин по постах спостережень, в жовтні 2019

| Забруднювач | Середньодобові ГДК, мг/м ³ |
|-------------------|---------------------------------------|
| Оксид нітрогену | 0,8 |
| Діоксид нітрогену | 2,5 |
| Пил | 1,3 |
| Діоксид сірки | 0,2 |
| Формальдегід | 1,3 |
| Хлористий водень | 0,3 |
| Феноли | 2,3 |

Основний внесок у забруднення атмосферного повітря м. Запоріжжя вносять промислові підприємства, викиди яких становлять 60 – 70 % від загального валового обсягу викидів забруднюючих речовин.

Досліджувані підприємства, які входять до різних класів шкідливості. Запорізький Титано-магнієвий комбінат (ЗТМК), ПАТ «Запоріжжкокс» (Кокс), ПАТ «Електрометалургійний завод Дніпроспецсталь» (Дніпроспецсталь), ПАТ «Запорізький виробничий алюмінієвий комбінат» (ЗалК), ПАТ «Запорізький

металургійний комбінат «Запоріжсталь» (Запоріжсталь), ПАТ «Запорізький завод феросплавів» (ЗФ) відносяться до першого класу шкідливості, ПАТ «Запорізький абразивний комбінат» (ЗАБрК) – другого, «Закрите акціонерне товариство Вогнетрив-СОЮЗ» (Вогнетрив) – третього, ПАТ «Український графіт» (Укрграфіт), ПАТ «Запоріжсклофлюс» (Склофлюс), ПАТ «Запоріжтрансформатор» (ЗТЗ) – четвертого. Всі досліджувані підприємства розташовані в Заводському районі міста, окрім Трансформаторного та Абразивного. Ці підприємства розташовані в Дніпровському та Шевченківському районах відповідно.

2.3 Характеристика дослідних ділянок

Дослідження проводилися в зелених насадженнях в СЗЗ одинадцяти промислових підприємств. Нижче наведені їх короткі характеристики [116].

Титано-магнієвий комбінат (ЗТМК) – підприємство кольорової металургії; первісток вітчизняної магнієвої промисловості. Основна продукція комбінату: титан, магній, напівпровідникові матеріали, калійні добрива, пігментний діоксид титану, фасонне титанове литво, товари господарського споживання. Викиди цього підприємств в атмосферу містять оксид карбону – 560,978 т/рік, сірчаний ангідрид та інші сполуки сірки – 101,635 т/рік, пил, оксиди нітрогену – 54,673 т/рік, аміак, оксиди хрому – 125,996 т/рік, хлорводень – 91,234 т/рік, манган, бензол, феноли, піридин, нафталан, тощо.

Запорізький виробничий алюмінієвий комбінат – єдиний виробник первинного алюмінію в Україні. Основною продукцією заводу є алюмінієві зливки, алюмінієва катанка, глинозем і алюмокремнієві сплави. Підприємство забруднює атмосферу сполуками нітрогену, викидаючи 13,041 т/рік, діоксидами та іншими сполуками сірки – 67,222 т/рік, оксидом карбону – 262,623 т/рік, оксидом алюмінію – 182,165 т/рік, фторидами 72,225 т/рік та іншими сполуками (пари ртуті, поліметалічний пил, смолисті речовини, вуглеводні, бенз(а)пірен).

Запорізький абразивний комбінат – підприємство абразивної промисловості. Основна продукція: абразивні матеріали та інструменти, карбід бору,

шліфувальна шкурка, агломерат бокситний, порошки тугоплавких сполук. Це підприємство є джерелом таких забруднювачів атмосфери: оксиди нітрогену – 135,910 т/рік, сірководень, сірчаний ангідрид – 159,988 т/рік, оксид карбону – 1355,623 т/рік, стійкі органічні поллютанти – 5,711 т/рік та інші.

Коксохімічне підприємство займає провідне місце за різноманітністю і токсичністю газоподібних викидів, оксидів і твердих відходів. До головних віднесені оксид нітрогену – 1070,077 т/рік, діоксид та інші сполуки сірки – 124,369 т/рік, оксид карбону – 1380,114 т/рік, фенол – 1,903 т/рік, аміак – 30,041 т/рік та ін. (бензол, ціаністий водень, нафталін, сажистий вуглець).

Підприємство Склофлюс – найбільший і єдиний виробник силікату натрію в Україні, один з найбільших світових виробників зварювальних плавлених флюсів. На заводі виготовляють рідке скло та посуд з пресованого скла. Викиди від виробництва підприємства в атмосферу містять оксид карбону – 146,616 т/рік, діоксид та інші сполуки сірки – 38,653 т/рік, пил, оксид нітрогену – 40,835 т/рік, фтор та його сполуки – 0,982 т/рік та інші забруднювачі.

Основна продукція заводу Вогнетрив – алюмосилікатні, магнезіальні, карбід кремнієві вироби й грудковий шамот. На заводі освоєно нову технологію виробництва вогнетривких та високовогнетривких виробів для кладки стін повітрянагрівачів та повітропроводів гарячого дуття доменних печей. Викиди в атмосферу цього підприємства містять оксид карбону – 133,204 т/рік, діоксид та інші сполуки сірки – 149,220 т/рік, пил, оксиди нітрогену – 91,698 т/рік та інші.

Запорізький електрометалургійний завод Дніпроспецсталь – підприємство чорної металургії, виробляє зливки, сортовий прокат і поковки з легованої й високолегованої сталей. Забруднює атмосферу сполуками нітрогену – 410,947 т/рік, діоксидом та іншими сполуками сірки – 98,723 т/рік, оксидами карбону – 1096,889 т/рік, металами та їх сполуками – 58,641 т/рік та інші.

Запоріжсталь – підприємство чорної металургії. Основна продукція: гарячекатаний, холодний тонкий лист з вуглецевої, низьколегованої та легованої сталей, біла й чорна лакована жерсть, нержавіючий полірований лист, металопласт, холодногнуті профілі, чавун, чавунні виливки. Викиди цього

підприємства в атмосферу містять оксид карбону – 60834,704 т/рік, пил, оксиди нітрогену – 5658,323 т/рік, діоксид та інші сполуки сірки – 4993,004 т/рік, аміак, аерозолі хрому і манган, бензол, фенол, піридин, нафталан тощо.

Завод Феросплавів – одне з найбільших профільних підприємств у Європі, монополіст з виробництва феросиліцію, сірчановуглецевого феромангану і металевого мангану. Є джерелом таких забруднювачів атмосфери: оксиди нітрогену – 840,746 т/рік, діоксид та інші сполуки сірки – 1178,706 т/рік, оксиди карбону – 19278,422 т/рік, манган та його сполуки – 66,432 т/рік, хлориди, феноли та ін.

Підприємство Укрграфіт є провідним виробником вуглеграфітової продукції в Україні. Забруднює атмосферу оксидами нітрогену – 9,227 т/рік, діоксидом та іншими сполуками сірки – 162,984 т/рік, оксидами карбону – 1425,118 т/рік та ін.

Запорізький трансформаторний завод єдиний в Україні виробник силових трансформаторів. Підприємство є всесвітньо відоме в машинобудівній галузі. Викиди в атмосферу підприємств цього профілю містять аерозолі сполук кольорових і важких металів, зокрема парів ртуті з парами органічних розчинників.

Контрольна територія – зелене господарство м. Запоріжжя, віддалене від джерел забруднення на 25 км. Концентрація забруднюючих речовин не перевищує ГДК.

Дослідження проводились протягом 2017 – 2020 рр. в санітарно-захисних насадженнях підприємств різних класів шкідливості промислового регіону міста Запоріжжя.

2.4 Методи дослідження

Обстеження деревостану СЗЗ промислових підприємств здійснювали маршрутним методом, при цьому враховували всі дерева, що зростали в кожному насадженні. Визначення видового складу дендрофлори виконано за Д. Н. Доброчасвою та ін., (1987) [104] з використанням довідкових видань [169]. Назви

рослин наведені за С. К. Черепановим, (1995) [324]. Таксаційні дослідження деревостану проводили згідно М.М. Гром (2007) [96]. Діаметр штамбу дерев визначали за допомогою мірної вилки на відстані 1,3 м від поверхні ґрунту, їх висоту – висотоміром «Suunto» РМ-5/1520рс. Рівень пошкодження листків промисловими полютантами розраховували за методикою В.С. Ніколаєвського (1979) [212].

Життєвий стан деревних рослин оцінено згідно шкали Х. Г. Якубова (2005) [332]. Життєвий стан деревостану розраховували за формулою [6]:

$$L = \frac{(100 \cdot n_1 + 70 \cdot n_2 + 40 \cdot n_3 + 5 \cdot n_4)}{N}$$

де: L – життєвий стан деревостану (умовні бали); n_1 – кількість здорових дерев на ділянці (шт.); n_2 – кількість ослаблених дерев на ділянці (шт.); n_3 – кількість сильно ослаблених дерев на ділянці (шт.); n_4 – кількість відмираючих дерев на ділянці (шт.); 100, 70, 40, 5 – коефіцієнти, що виражають життєвий стан здорових, ослаблених, сильно ослаблених і відмираючих дерев; N – загальна кількість дерев на моніторинговій ділянці зі сухостоєм (шт.). «Здоровий» деревостан оцінюється 80–100 умовних балів (у.б.); «ослаблений» – 50–80 у.б., «сильно ослаблений» – 20–50 у.б.; «повністю зруйнований» – нижче 20 у.б.

Індекс озеленення СЗЗ = площа зелених насаджень даної СЗЗ / площа СЗЗ [208].

Міру подібності видового складу дерев санітарних зон підприємств оцінено за коефіцієнтами П. Жаккара: $K=C \cdot 100 / (A+B) - C$, і Т. Серенсена: $K=2C / A+B$, де A – кількість видів на першій ділянці, B – кількість видів на другій ділянці, C – кількість спільних видів [155].

Індекси видового різноманіття розраховані за формулами Р. Маргалєфа (d_{mg}) [431]: $d_{mg} = (s-1) / \ln N$, де: s – число видів; N – загальна кількість деревних рослин в деревостані та Ц.В. Шеннона (H) [472]: $H = - \sum (n / N) \log (n / N)$, де N – загальна кількість видів в біоценозі; n – кількість дерев даного виду. Обчислення індексів домінування здійснено за формулами Бергера-Паркера [155]: $d=N_{max}/N$, де N_{max} – чисельність виду, що зустрічається найбільш часто, а N – сумарна

чисельність особин всіх аналізованих видів, та Е. Х. Сімпсона ([483]: $C = \sum (n_i/N)^2$, де n_i – чисельність особин кожного з видів, а N — сумарна чисельність особин всіх аналізованих видів.

Визначені індекси обчислювали, враховуючи всі деревні рослини, що зростають на кожній конкретній дослідній ділянці [156, 391, 401].

Динаміку змін щільності та стану рослинності санітарно-захисних зон промислових підприємств оцінили методами дистанційного зондування. Зібрали серію супутникових знімків Landsat у часовому діапазоні за 1990-2018 рр., а саме – 31.08.2018; 24.08.2018; 17.08.2017; 10.08.2017, 12.08.2017; 31.08.2015; 23.08.2015; 25.08.2010; 20.08.2005; 21.08.2000; 22.08.2000; 01.09.1995; 11.08.1990. Відбір знімків проводився за критеріями мінімальної хмарності, відсутності диму. Всі сцени, що були взяті для аналізу, характеризували стан рослинності в кінці серпня кожного з досліджуваних років. Для виявлення зв'язку між показниками вегетаційного індексу і продуктивністю різних захисних зон порівнювали дані маршрутних досліджень з отриманими значеннями індексів за допомогою космічних знімків.

Оскільки ми використовували знімки середнього просторового розрізнення, територія однієї сцени значно перевищує область інтересу, тобто площу санітарно-захисних зон. Відповідно, для подальшої роботи всі досліджувані знімки «обрізалися» до потрібної території за полігоном.

Індекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – нормалізований відносний індекс рослинності) вегетації насаджень санітарно-захисних зон різних підприємств м. Запоріжжя розраховували за наступною формулою:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED},$$

де NIR – відбиття в ближній інфрачервоній області спектру, RED – відбиття в червоній області спектру. Завдяки особливостям відображення в NIR-RED областях спектра, природні об'єкти мають фіксовані значення NDVI, що дозволяє використовувати цей параметр для їх ідентифікації та оцінки стану рослинності [18].

Ідентифікацію ґрунтового покриву здійснювали за шкалою значень В.І. Лялька зі спів. (2008) [195]: 0,2–0,3 відповідають трав'яній рослинності, а значення 0,4–0,7 листяним деревостанам.

Стан рослинності визначено за значенням NDVI за шкалою, що запропонована І.Г. Семеновою (2014) [264] (табл. 2.4):

Таблиця 2.4

Критерії розпізнавання стану рослинності за значенням NDVI
(Семенова І.Г., 2014)

| Значення NDVI | Стан рослинності |
|---------------|------------------|
| 0,71–1,00 | дуже добрий |
| 0,56–0,70 | добрий |
| 0,4–0,55 | задовільний |
| 0,3–0,40 | поганий |
| 0,2–0,30 | пригнічений |

Таким чином була отримана серія тематичних карт за 1990, 2000, 2010, 2018 роки, за значеннями нормалізованого відносного індексу рослинності. Для кожної з них на основі частотних гістограм розподілу значень NDVI було проведено визначення площ зелених насаджень санітарно-захисних зон промислових підприємств, а також відсоток площ ділянок, що різняться за щільністю рослин на кожній досліджуваній території.

Вплив техногенних викидів на рослинний організм вивчали за змінами морфометричних показників. Збір матеріалу для дослідження флуктуючої асиметрії листкової пластинки берези повислої проводили після зупинки росту органів асиміляції, в кінці липня – на початку серпня 2017–2019 років. Проби листків *Betula pendula* для визначення флуктуючої асиметрії були відібрані в зелених насадженнях санітарних зон та умовах контролю з південно-східного боку крони, на рівні 1,5 м від поверхні землі, в однакових умовах освітлення. Використовували другий листок від основи приросту поточного року. З кожної досліджуваної ділянки було відібрано по 40 екземплярів листків.

Виміри проводили за 5-ма показниками в мм (параметри 1–4) та градусах (параметр 5) з лівого і правого боку листкової пластинки (рис. 2.2): 1 – ширина половини листка; 2 – довжина жилки листка другого порядку; 3 – відстань між

основою першої і другої жилок другого порядку; 4 – відстань між кінцями першої і другої жилок другого порядку; 5 – кут між головною жилкою і другою від основи листка жилкою другого порядку.



Рис. 2.2. Показники для визначення асиметрії листкової пластинки

Розрахунки інтегрального значення флюктууючої асиметрії здійснювали за формулам: $Y = |L-R|/(L+R)$; 2. $Z = (Y_1+Y_2+\dots+Y_n)/N$; 3. $X = \sum Z/n = (Z_1+Z_2+\dots+Z_n)/n$; де Y – показник, розрахований для кожного параметра, як різниця між правою та лівою частиною листкової пластинки, Z – відносно середня різниця між параметрами для кожного листка; N – кількість параметрів; X – інтегральний показник асиметрії, n – кількість листків (40 шт.).

Таблиця 2.5

Шкала оцінки відхилень стану організму від умовної норми за величиною інтегрального показника стабільності розвитку

| Бал | Величина показника стабільності розвитку | Значення стабільності розвитку |
|-----|--|--------------------------------------|
| I | < 0,040 | стабільність умовної норми |
| II | 0,040–0,044 | незначне відхилення від норми |
| III | 0,045–0,049 | середній рівень відхилення від норми |
| IV | 0,050–0,054 | значне відхилення від норми |
| V | > 0,054 | критичний стан |

При аналізі комплексу морфологічних ознак використовували інтегральний показник за методикою [127] (табл. 2.5).

Для визначення кількісних показників накопичення газоподібних поліютантів листками, обирали ті види деревних рослин, що зростають у всіх або більшості досліджуваних санітарно-захисних зонах підприємств, і частка яких у насадженнях достатньо велика: *Acer negundo* L., *Acer platanoides* L., *Aesculus hippocastanum* L., *Ailanthus altissima* Mill., *Armeniaca vulgaris* Lam., *Betula pendula*

Roth., *Catalpa bignonioides* Walter, *Elaeagnus angustifolia* L., *Fraxinus lanceolata* Borkh., *Juglans regia* L., *Malus sylvestris* (L.) Mill., *Morus alba* L., *Platanus orientalis* Willd., *Populus alba* L., *Populus nigra* L., *Populus simonii* Carr., *Robinia pseudoacacia* L., *Salix alba* L., *Tilia cordata* Mill., *Ulmus carpinifolia* Rupp., *Ulmus laevis* Pall. На кожній ділянці було обрано 5 модельних дерев однієї вікової категорії кожного виду. Листки для визначення в них вмісту промислових поллютантів відбирали з південно-східного боку крони на висоті 2 м від поверхні ґрунту в однакових умовах освітлення з 10 пагонів кожного дерева. Використовували перші 3 листка від основи однорічних пагонів.

Вміст хлору в листках визначали аргентометричним методом [243]. Водорозчинні феноли визначали з водного екстракту фітомаси методом [492] з реактивом Фолина-Чокальтеу, який включає солі фосфорновольфрамової та фосфорномолібденової кислот. У лужному середовищі ці солі при взаємодії з фенольними сполуками відновлюються з утворенням синіх комплексів, вміст яких оцінюється спектрофотометрично. Для побудови калібрувального графіка використовували розчин галової кислоти. Оптичну щільність реакційної суміші визначали на спектрофотометрі СФ-2000 при довжині хвилі 765 нм.

Вміст фтору визначали за Л. А. Хаземовою зі спів. потенціометричним методом з фтор-селективним електродом [320]. Використання потенціометричного методу визначення фтору дозволяє проводити аналіз фторид-іону в присутності заважаючих елементів, що значно спрощує аналіз і задача дослідників зводиться лише до переведення фтористих сполук в розчинний стан. Калібрувальну шкалу будували з використанням стандартного розчину фторид-іону. Використовують фторид натрію, попередньо прокалений при 400 °С у платіновому тиглі протягом 30 хв. Вміст сірки визначали спектрофотометричним методом на спектрофотометрі СФ-2000 довжиною хвилі 460 нм [205], відновленого глутатіона титриметричним методом.

Загальну масу листків на модельному дереві визначали за формулою приведеною В.Г. Нестеровим та Б.М. Бобильовим (1967) [211]:

$$P = \frac{\pi}{4} \rho \left(l \sum D_j^2 + \frac{1}{3} l_1 D_{j+1}^2 \right),$$

де P – маса листків дерева, кг; ρ – маса листків в 1 м^3 крони, кг/ м^3 ; D_j – діаметри крони, м; l – відстань між поперечниками, м; l_1 – довжина вершинки, м.

Проводили розрахунок середнього вмісту поллютантів (фтор, феноли та сірка) на загальну масу листків дерев зелених насаджень СЗЗ. Г.М. Ількуну (1978) [138] щодо підходів застосування деревних рослин для доочищення повітря від забруднювачів належить ідея збалансованого методу, цей метод передбачає урахування не тільки вмісту поллютантів у листках але потенційний їх відсоток в інші органи та вимивання опадами (певний відсоток в різні місяці вегетації). Такий підхід дає можливість розрахувати потенційну фільтруючу роль рослин, а не тільки кінцевий результат накопичення забруднювачів в листках. Поглинання сірки деревними насадженнями розраховували за формулою Сергейчик (1997) [270]:

$$P = K * Y \frac{T_v}{T_u}$$

P – поглинальна здатність 1 га насаджень за вегетацію, кг / га; Y – суха фітомаса листків та хвої, кг; K – коефіцієнт фізіологічно допустимого накопичення сірки (листяні породи – 0,002, хвойні – 0,0001); T_v – тривалість вегетації; T_u – час видалення сірки з листків та хвої (10 днів).

Створення багатокритеріальної оптимізаційної моделі: «Компромісні плани доповнення деревних насаджень СЗЗ заводів відносно специфіки потенційного накопичення токсикантів в листках» здійснювали в наступній послідовності. Біорізноманіття забезпечується N видами дерев. Але у конкретних розрахунках для СЗЗ підприємств доцільно обирати найбільш ефективні та стійкі види залежно від рівня забруднення специфічними токсикантами, що конкретизує значення N .

Позначимо через x_i кількість нових дерев i -го виду, котрі необхідно висаджувати, $i=1\dots N$. Дотримуючись змісту, всі введені невідомі приймають тільки невід’ємні цілі значення, тобто $x_i \geq 0$.

Склад дендрофлори лісових смуг описують відомі величини (за винятком дерев, що будуть замінені):

y_i^1 – кількість молодих дерев i -го виду, y_i^2 – середньо вікові дерева i -го виду, y_i^3 – зрілі дерева i -го виду, $i=1 \dots N$.

A_1 та A_2 визначають потреби доповнення кількісного складу дерев зелених зон з урахуванням стану існуючих насаджень та площі території санітарно-захисної зони без насаджень. Звідси одержуємо обмеження:

$$\sum_{i=1}^N x_i \geq A_1, \sum_{i=1}^N x_i \leq A_2.$$

Вимоги до видового різноманіття (не менше B видів дерев) враховуємо співвідношенням: $\sum_{i=1}^N \text{sign}(x_i) \geq B$.

Позначимо через a_i базове накопичення фтору (Γ), b_i – базове накопичення фенолів та c_i – базове накопичення сірки залежно від рівня концентрації забруднювача навколо конкретного підприємства в розрахунку на фітомасу листків (кг), що продукується одним деревом i -го виду, $i=1 \dots N$.

Продуктування фітомаси листків рослин в умовах СЗЗ підприємств усереднено для всіх видів у кожній віковій категорії та становить: для молодих дерев $k_1 = 3$ кг, для дерев середнього віку $k_2 = 10$ кг, для зрілих дерев $k_3 = 6$ кг.

Загальні кількості поглинання поллютантів листками дерев захисних лісосмуг досліджуваних підприємств розраховували за формулами, що викладені нижче:

$$\text{для фтору: } F_1 = \sum_{i=1}^N (x_i \cdot k_1 + \sum_{j=1}^3 y_i^j \cdot k_j) \cdot a_i,$$

$$\text{для фенолів: } F_2 = \sum_{i=1}^N (x_i \cdot k_1 + \sum_{j=1}^3 y_i^j \cdot k_j) \cdot b_i,$$

$$\text{для сірки: } F_3 = \sum_{i=1}^N (x_i \cdot k_1 + \sum_{j=1}^3 y_i^j \cdot k_j) \cdot c_i.$$

Почерговий вибір у моделі (1)–(6) в якості максимізованого критерію функції (4)–(6) дозволяє знайти оптимальний план досадження нових деревних порід з максимальним поглинанням фтору, фенолів й сірки на пусті території та замість сухостою.

Позначимо в знайдених планах F_j^{min} та F_j^{max} – найбільші та найменші обсяги загального накопичення аналізованих забруднювачів. Для створення компромісних планів досадження дерев у насадженнях СЗЗ підприємств м. Запоріжжя за накопиченням кожного з токсикантів отримали величини їх поглинання в діапазоні $[F_j^{min}, F_j^{max}]$. Таким чином одержуємо альтернативні варіанти кількісного складу дерев зелених зон підприємств.

Статистичну обробку даних здійснювали з використанням програмного забезпечення «Microsoft Excel 2010», Statistica 6.0 за допомогою однофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA).

Перелік посилань за матеріалами другого розділу: [6, 18, 19, 96, 98, 99, 100, 104, 116, 117, 127, 134, 138, 155, 156, 160, 169, 182, 195, 197, 205, 208, 211, 212, 226, 233, 234, 243, 248, 252, 264, 270, 297, 311, 320, 324, 332, 350, 391, 401, 431, 472, 483, 490, 492].

РОЗДІЛ 3

ТАКСОНОМІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДЕНДРОФЛОРИ ТА СТРУКТУРА ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕНЬ СЗЗ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ М. ЗАПОРІЖЖЯ

3.1 Видовий склад та структура зелених насаджень

У місті Запоріжжя сучасна система деревних насаджень СЗЗ сформувалась у післявоєнні роки, як і інших містах нашої країни [151]. Значний вік деревних порід, слабка вивченість рівня стійкості до різних промислових поллютантів і спонтанний добір асортименту, ураження шкідниками та хворобами призвели до порушення фізіолого-біохімічних процесів у рослинних організмах, погіршення їх життєвості, загибелі деяких дерев і зрідження насаджень.

Для аналізу сучасного стану деревної рослинності зелених насаджень СЗЗ різних підприємств, встановлення ступеня шкідливого антропогенного впливу, прогнозування подальших змін деревостанів і теоретичного обґрунтування заходів щодо їх збереження необхідно вивчити їх видовий склад.

Нами здійснено дослідження видового складу лісосмуг СЗЗ промислових підприємств м. Запоріжжя, які відносяться до різних класів шкідливості.

Підприємство Склофлюс. Відноситься до IV класу шкідливості. Відстань від підприємства до жилої зони становить 300 м, що відповідає нормам. Захисна лісосмуга підприємства Склофлюс розташована з західної та південної сторін заводу в напрямку до населених пунктів. Площа СЗЗ заводу – 10 га, площа насаджень захисної смуги – 6,5 га. Ширина деревних посадок 60 м, довжина – 1,1 км. Деревні насадження СЗЗ заводу IV класу шкідливості повинні займати не менше 60 % від площі СЗЗ. Площа насаджень становить близько 65 %. Але вони мають низьку щільність – 126 шт./га. Конструкція зеленої лісосмуги відноситься до фільтруючого типу, що відповідає вимогам до СЗЗ. Посадки такого типу є основними в захисних насадженнях, ними можуть бути заняті також вхідні території заводу, ділянки пішохідних маршрутів та місця короткочасного

відпочинку [254]. Схема захисної смуги фільтруючого типу передбачає чергування відкритих та закритих просторів. В якості відкритих частини можна розглядати автомобільні та транспортні сполучення. Коридори провітрювання не спрямовані в бік житлових забудов, що відповідає вимогам [254].

Таблиця 3.1

Видовий склад насадження СЗЗ Склофлюс

| Родина | Назва рослин | Кількість | Батьківщина |
|-------------------------------|----------------------------------|-----------|-----------------------------------|
| <i>Fabaceae</i> Lindl. | <i>Robinia pseudoacacia</i> L. | 25/3,04 | Півн. Америка |
| <i>Salicaceae</i> Lindl. | <i>Populus simonii</i> Carr. | 1/0,12 | Півн. Китай |
| | <i>Populus alba</i> L. | 2/0,24 | Сибір, Китай, Азія |
| <i>Ulmaceae</i> Mirb. | <i>Ulmus carpinifolia</i> Rupp. | 30/3,65 | Зах. Тянь-Шань |
| | <i>Ulmus parvifolia</i> Jacq. | 564/68,61 | Півн., півд. Китай, Корея, Японія |
| | <i>Ulmus laevis</i> Pall. | 10/1,22 | Аб. |
| <i>Aceraceae</i> Lindl. | <i>Acer pseudoplatanus</i> L. | 2/0,24 | Аб. |
| <i>Rosaceae</i> Juss. | <i>Pyrus communis</i> L. | 1/0,12 | Аб. |
| <i>Simarubaceae</i> Lindl. | <i>Ailanthus altissima</i> Mill. | 149/18,13 | Півн. Китай |
| <i>Thymelaceae</i> Adans. | <i>Daphne mezereum</i> L. | 27/3,28 | Аб. |
| <i>Moraceae</i> Lindl. | <i>Morus alba</i> L. | 11/1,34 | Зах. Китай |
| Всього | | 822 | – |

Примітка: чисельник – кількість дерев, шт.; знаменник – % від числа рослин у насадженні.

Кількість дерев у насадженні СЗЗ заводу Склофлюс становить 822 штук [278]. Вони висаджені рядами. Переважна більшість їх одного віку – близько 50 років. На більшій частині зеленої захисної лісосмуги (близько 90 %) підріст та самосів дерев відсутній. Лише з південної частини, поряд з дорожнім кільцем, щільно зростає самосів *Ailanthus altissima*, утворюючи хащі. Середня висота підросту до 6 м (Додаток А, рис. А.1).

Деревні насадження СЗЗ представлені 9-ма родинами, 11-ма видами (табл. 3.1). Всі родини відносяться до відділу Покритонасінні (*Magnoliophyta*) представники голонасінних (*Pinophyta*) відсутні. Тільки один вид належить до чагарників – *Daphne mezereum*, що зростає півколом у південній частині захисних насаджень. Його чисельність становить 3,28 % від загальної кількості рослин в СЗЗ. Родина *Salicaceae* представлена двома видами, *Ulmaceae* – трьома, всі інші –

одним видом. На захисній ділянці лісосмуги зростає лише по одному екземпляру *Pyrus communis* й *Populus simonii* та по 2 екземпляри *Populus alba*, *Acer pseudoplatanus*. Панівна порода у насадженні *Ulmus parvifolia*, частка якого становить 68,61 % від загальної кількості рослин у захисній зоні. Друге місце за чисельністю належить *Ailanthus altissima* – 18,13 %. Майже однакова кількість рослин таких видів як *Daphne mezereum* – 3,28 %, *Ulmus carpinifolia* – 3,65 % та *Robinia pseudoacacia* – 3,04 %.

На території СЗЗ практично відсутні гарноквітучі рослини. Умовно до цієї категорії можна віднести лише *Robinia pseudoacacia* (25 екз.) та *Pyrus communis* (1 екз.).

Аборигенні види деревостану захисної зони підприємства Склофлюс складають 4,86 % від числа рослин в насадженні (4 види), а інтродуковані – 95,14 % (7 видів). Найчисельнішими серед аборигенних видів є *Daphne mezereum*. За кількісними показниками, домінуючим інтродукованим видом є *Ulmus parvifolia* (табл. 3.1). Число автохтонних рослин становить 782 шт., інтродукованих – 40 шт.

Запорізька область розташована на південному сході України. Для цієї місцевості характерна середньорічна кількість опадів – 443 мм. У період активної вегетації рослин середньомісячна кількість опадів становить 25 – 34 мм. Тому важливо підібрати асортимент рослин для санітарно-захисних лісосмуг, які будуть витримувати тривалу посуху.

За вибагливістю до вологи найбільша кількість деревних рослин СЗЗ підприємства Склофлюс відноситься до ксерофітів – 91,12 % від числа дерев. Це *Robinia pseudoacacia*, *Ailanthus altissima*, *Ulmus parvifolia* та *Morus alba*. Група ксеромезофітів налічує 0,12 % від числа рослин в насадженні, а мезофітів – 3,28 %. Кожна з них представлена лише одним видом – *Pyrus communis* та *Daphne mezereum* відповідно. До мезоксерофітів (4,02 % дерев) відносяться *Ulmus carpinifolia*, *Acer pseudoplatanus* та *Populus simonii*. Група мезогідрофітів представлена двома видами – *Populus alba* та *Ulmus laevis*. До цієї групи відносяться всього 1,46 % від кількості рослин у насадженні СЗЗ заводу Склофлюс. Жодний вид дерев не віднесено до групи гідрофітів (рис. 3.1) [281].

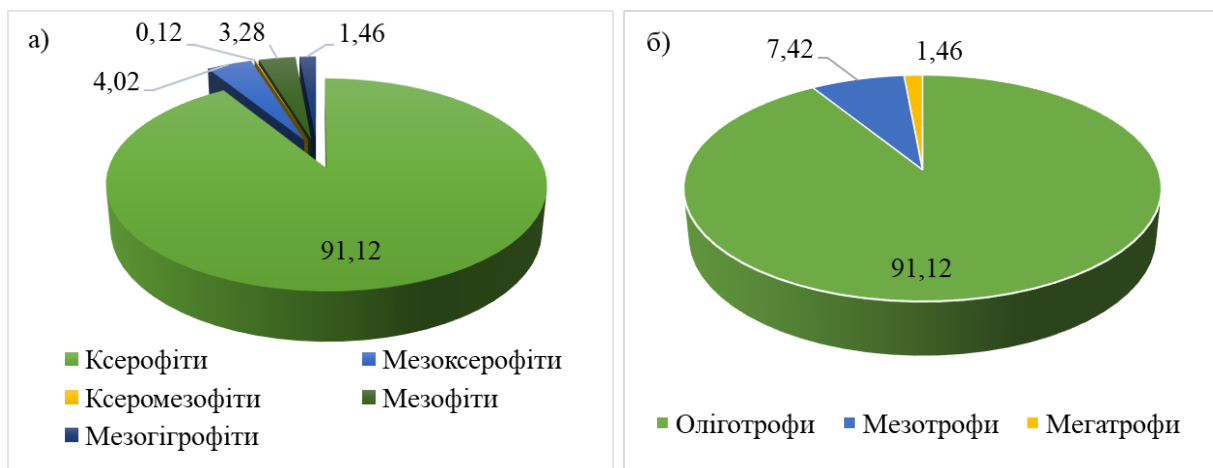


Рис. 3.1. Розподіл деревних порід С33 підприємства Склофлюс за відношенням до вологості (а) та живильності ґрунту (б), %

Майже всі деревні рослини, що зростають у зеленій зоні С33 даного підприємства, походять із місцевостей сухим кліматом і здатні витримувати тривалу посуху та вплив високих температур. Ксерофіти та мезоксерофіти складають 95,13 % від числа дерев, що зростають на території захисної зони. Отже, насадження відповідають вимогам за вибагливістю до вологості.

Розподіл порід за відношенням до живильності ґрунту (рис. 3.1) свідчить, що на території С33 91,12 % з них віднесено до оліготрофів. Кількість мезотрофів – 7,42 %. У зеленому насадженні захисної смуги даного підприємства найменше мегатрофів – 1,46 %.

Ґрунт С33 відноситься до чорнозему звичайного середньо- та легкосуглинистого, малогумусного, характеризується забезпеченістю поживними елементами (азот, фосфор, калій) вище середнього. Це свідчить про те, що в таких умовах добре будуть зростати представники всіх груп, і отже, асортимент деревних рослин за відношенням до багатства ґрунту в зеленому масиві підібрано правильно.

Отже, площа, що відведена для зелених насаджень у С33 заводу Склофлюс відповідає нормам, але вони мають низьку щільність. Необхідно заповнювати великі проміжки між деревами новими стійкими породами, здійснювати заміну відмираючих дерев, тим самим збільшити щільність деревостану лісосмуги. Для даного типу конструкції можна рекомендувати введення в середину масиву

чагарників від 5 до 10 % від кількості висаджених дерев для збільшення листкової поверхні насадження. Також, у тій частині зони, де зростає велика кількість порослі айланту найвищого, необхідно знизити її щільність та підсадити нові стійкі до забруднювачів породи.

Коксохімічне підприємство. Відстань від заводу до населених пунктів становить 1000 м, що відповідає нормам. Площа СЗЗ – 12 га, зелених насаджень – 5,7 га. Їх протяжність – 1,2 км, ширина – від 40 до 55 м. Територія, що відведена для зелених насаджень повинна становити не менше 50 % площі захисної зони, що майже відповідає нормам, так як індекс озеленення даної зеленої смуги дорівнює 47 %. Щільність насадження становить – 171 шт./га. Конструкція зеленої зони відноситься до фільтруючого типу. Деревні рослини висаджені рядами, які інколи перериваються на незначну відстань (Додаток А. рис. А.2). Підріст у більшій частині насаджень відсутній, подекуди зростає самосів *Ailanthus altissima* та *Ulmus parvifolia*.

Таблиця 3.2

Видовий склад насадження СЗЗ Коксохімічного підприємства

| Родина | Назва рослин | Число рослин шт./%, | Батьківщина |
|----------------------------|--|---------------------|---|
| <i>Betulaceae</i> Gray | <i>Betula pendula</i> Roth. | 46/4,70 | Аб. |
| <i>Bignoniaceae</i> Juss. | <i>Catalpa bignonioides</i> Walter. | 139/14,21 | Північна Америка |
| <i>Fabaceae</i> Lindl. | <i>Robinia pseudoacacia</i> | 164/16,77 | Північна Америка |
| <i>Fagaceae</i> A.B.R. | <i>Quercus robur</i> L. | 1/0,10 | Аб. |
| <i>Salicaceae</i> Lindl. | <i>Populus simonii</i> | 2/0,21 | Північний Китай |
| | <i>Populus alba</i> | 8/0,82 | Сибір, Китай, Азія |
| <i>Vitaceae</i> Lindl. | <i>Parthenocissus quinquefolia</i> Planch. | 8/0,82 | Північна Америка |
| <i>Ulmaceae</i> Mirb. | <i>Ulmus laevis</i> | 110/11,25 | Аб. |
| | <i>Ulmus parvifolia</i> | 277/28,32 | Північний, південний Китай, Корея, Японія |
| <i>Aceraceae</i> Lindl. | <i>Acer platanoides</i> L. | 5/0,51 | Аб. |
| <i>Elaeagnaceae</i> Juss. | <i>Elaeagnus angustifolia</i> L. | 1/0,10 | Аб. |
| <i>Simarubaceae</i> Lindl. | <i>Ailanthus altissima</i> | 178/18,20 | Північний Китай |
| <i>Moraceae</i> Lindl. | <i>Morus alba</i> | 39/3,99 | Західний Китай |
| <i>Всього</i> | | 978 | |

Примітка: чисельник – кількість дерев, шт.; знаменник – % від числа рослин у насадженні

У захисному насадженні цього підприємства зростає 978 рослин, серед яких 970 дерев та 8 шт. – (ліана) *Parthenocissus quinquefolia* (табл. 3.2) [277]. Остання

зростає спорадично по всій лісосмузі. Її віднесено до найбільш небезпечних видів рослин, що швидко поширюється і становить потенційну небезпеку для аборигенної рослинності або є злісними бур'яном [120].

Дендрофлора зеленої зони представлена 11-ма родинами (табл. 3.2). Родини *Ulmaceae* та *Salicaceae* презентовані двома видами, інші – тільки одним видом. Найчисельнішою за кількістю екземплярів виявилась родина *Ulmaceae* (*Ulmus laevis* та *Ulmus parvifolia*) – 387 штук, що становить 39,57 % від числа рослин, які зростають у насадженні. До багаточисельних відносяться *Ailanthus altissima* – 178 екз. (18,20 %), *Robinia pseudoacacia* – 164 екз. (16,77 %) та *Catalpa bignonioides* – 139 екз. (14,21 %). Деревя всіх інших родин, крім *Betula pendula* та *Morus alba*, зростають у насадженні СЗЗ Коксохімічного підприємства у кількості меншій 10 екземплярів. Такі види як *Quercus robur* та *Elaeagnus angustifolia* представлені лише одним екземпляром кожний. У захисній лісосмузі даного підприємства відсутні хвойні рослини і чагарники. З гарноквітучих рослин зростає – *Catalpa bignonioides*, в кількості 139 шт., та *Robinia pseudoacacia* (164 шт.).

До аборигенних видів належать *Betula pendula*, *Quercus robur*, *Ulmus laevis*, *Acer platanoides* та *Elaeagnus angustifolia*. Їхня кількість – 16,66 %, інтродукованих видів – 83,34 % від загальної чисельності деревних рослин у захисному насадженні. За кількісними показниками, домінуючими аборигенними видами в досліджуваній зеленій лісосмузі Коксохімічного підприємства є *Ulmus laevis* (11,25 % від загальної кількості екземплярів) та *Betula pendula* (4,70 %). Серед інтродукованих видів найбільшою кількістю екземплярів представлені такі як, *Ulmus parvifolia* (28,32 %), *Robinia pseudoacacia* (16,77 %), *Ailanthus altissima* (18,20 %) та *Catalpa bignonioides* (14,21 %) (табл. 3.2).

Як видно з рис. 3.2, у захисній лісосмузі Коксохімічного підприємства зростає 5 видів ксерофітів. Частка рослин цієї групи складає 67,94 % від загальної кількості рослин у насадженні. Мезоксерофіти представлені всього одним видом – *Populus simonii* (2 екземпляри). До групи ксеромезофітів віднесено 2 види – *Catalpa bignonioides* та *Quercus robur*. Чисельність рослин цієї групи становить 14,43 % від усієї кількості деревних рослин на дослідній ділянці. Частка мезофітів

менша за 5,26 %. Головною деревною породою в даній групі є *Betula pendula* – 4,70 % від числа рослин у насадженні. Мезогігрофіти представлені двома видами – *Ulmus laevis* та *Populus alba*. До цієї групи віднесено 12,16 % від кількості обстежених рослин у насадженні [276].

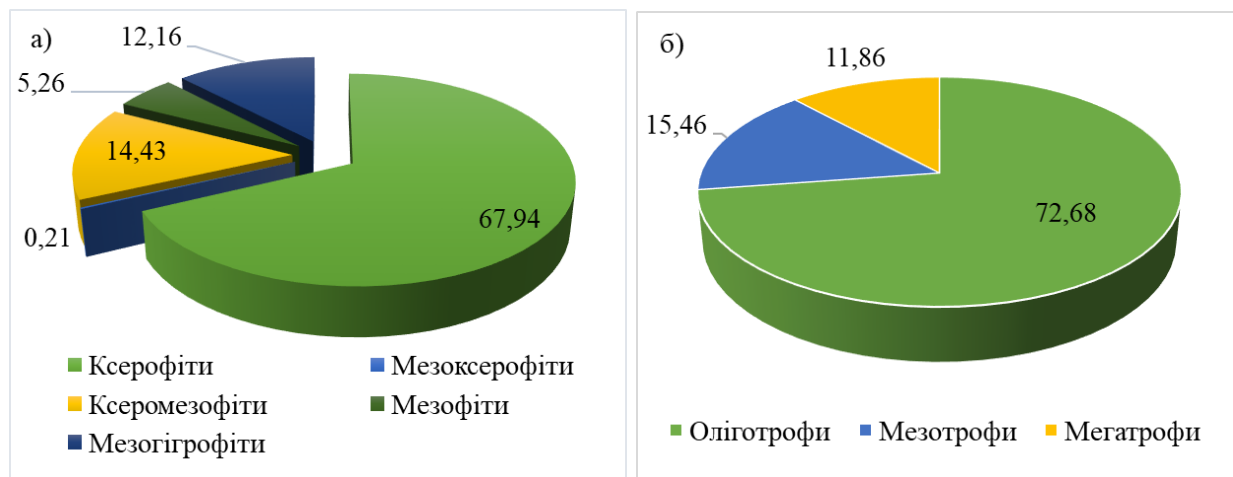


Рис. 3.2. Розподіл деревних порід СЗЗ Коксохімічного підприємства за відношенням до вологи (а) та живильності ґрунту (б), %

Таким чином, 82,58 % деревних рослин віднесено до посухостійких і віднесено посухостійких, тому за відношенням до вологи деревостан даного захисного насадження відповідає умовам зростання та клімату.

За відношенням до родючості ґрунту у насадженні переважають оліготрофи – 72,68 % від загального числа дерев. Серед них найчисленніший вид – *Ulmus parvifolia* – 28,32 % від кількості дерев цієї групи (рис. 3.2). Група мегатрофів становить лише 11,86 % від загальної кількості дерев. До неї входить два види – *Ulmus laevis* та *Acer platanoides*. Представленість мезотрофів становить 15,46 % від загальної чисельності дерев захисної зони Коксохімічного підприємства, переважає *Catalpa bignonioides*. Всі інші види, котрі входять до цієї групи, зростають в кількості меншій 10 екземплярів.

Отже, санітарно-захисне насадження Коксохімічного підприємства потребує реконструкції. Необхідно підсадити на пусті ділянки дерева, та здійснити заміну сухих й відмираючих їх екземплярів. Оскільки індекс озеленення становить 47 % – бажано збільшити площу відведену під деревні насадження до 50 %. Для покращення очисної функції даної лісосмуги СЗЗ

можливе висадження чагарникових порід між основними рядами, не більше 10 % від загальної кількості дерев.

Металургійний комбінат Запоріжсталь. Відноситься до I класу шкідливості. Для того, щоб досягти ефективного ослаблення впливу шкідливих факторів, ширина СЗЗ для даного типу підприємств повинна бути 1000 м. Відстань від даного підприємства до житлових забудов становить 900 м, що майже відповідає санітарним нормам. Площа СЗЗ становить 60 га, зелених насаджень – 30 га, індекс озеленення – 50 % (відповідає нормам). Щільність насаджень – 152 шт./га. Ширина лісосмуги на різних ділянках зеленого масиву неоднакова, максимальне значення цього показника сягає 300 м, мінімальне – 80 м. Протяжність захисної лісосмуги становить 2,3 км.

Зелені насадження СЗЗ даного підприємства можна умовно поділити на декілька ділянок. Перша – розташована навпроти головної прохідної і відноситься до конструкцій фільтруючого типу. Ця лісозахисна смуга межує із залізничними коліями, автотранспортним сполученням та трамвайною колією. На даній ділянці дерева висаджені рядами, але їх цілісність переривається на великі відстані (Додаток А, рис. А.3). Територія, яка наближена до підприємства, має гарний вигляд, за нею здійснюється нагляд. Тут висаджені молоді дерева та чагарники. Проте частина насаджень цієї ділянки, яка розташована ближче до залізничних сполучень, занедбана. На ній зростає велика кількість порослі айланта найвищого, що утворює хащі, та лежать сухі дерева (Додаток А, рис. А.4). На даній ділянці необхідно прибрати сухе гілля, заповнити проміжки, що утворилися внаслідок відпаду старих дерев, молодими. Поросль *Ailanthus altissima* необхідно прорідити.

Ділянка, яка знаходиться з північної сторони заводу, неподалік від мартенівських печей, представлена щільними насадженнями, які утворюють непродувні скупчення, що межують з проміжками завдовжки до 30 м без деревної рослинності. Таких ділянок без дерев – три. На них зростає памолодь *Robinia pseudoacacia* та *Ulmus carpinifolia*, висотою до 1 м. Вздовж автомобільного шляху та залізничних колій висаджені чотири ряди рослин: переважно *Populus simonii* та *Robinia pseudoacacia*. Рослини зеленого насадження, яке розташоване зі західної

частини заводу, зростають щільною смугою, утворюючи хащі з підросту *Acer negundo*, *Robinia pseudoacacia*, *Ailanthus altissima* та *Ulmus carpinifolia*, через які неможливо пройти.

Дерева по всій території СЗЗ розміщені нерівномірно, хоча в більшості випадків вони висаджені рядами, що місцями перериваються на незначну відстань. Правильність рядів порушує підріст деревних порід (*Ulmus carpinifolia*, *Acer negundo*, *Acer pseudoplatanus*, *Ulmus carpinifolia* та *Robinia pseudoacacia*), висота деяких особин може сягати 8 м.

Видовий склад зелених насаджень комбінату Запоріжсталь представлений 32 видами, які належать до 19 родин. Загальна чисельність рослин 4574 штук. До числа деревних рослин включено підріст – висота якого від 4 до 6 м. Це самосів клена ясенелистого, айланту найвищого, в'язу граболистого та робінії звичайної, в кількості 1245 екземплярів. Ці показники внесені до табл. 3.3. В насадженні виявлено всього один вид ліан (37 шт.) – *Parthenocissus quinquefolia*, та шість видів чагарників (3,83 % від загального числа рослин) – *Sambucus nigra*, *Cornus mas*, *Prenus tomentosa*, *Spiraea arguta*, *Rosa canina* й *Daphne mezereum*. Всі екземпляри чагарників зростають на ділянці навпроти адміністративного корпусу заводу Запоріжсталь. Найчисельнішою виявилась *Spiraea vanhouttei* (2,49 % від загальної кількості рослин захисної смуги заводу). Рослини *Parthenocissus quinquefolia* не доглядаються, зростають в насадженні хаотично, використовують як опору деревні рослини пригнічуючи їх. У захисному зеленому насадженні даного підприємства виявлено 25 видів дерев, у тому числі 4 види хвойних та 21 вид листяних порід. До хвойних відносяться *Thuja orientalis*, *Thuja occidentalis*, *Picea abies*, *Picea pungens*.

Лише одним екземпляром презентовані *Populus balsamifera*, *Picea pungens*, двома – *Morus alba*, *Armeniaca vulgaris*, *Pyrus communis* та *Picea abies*. Такі види дерев як *Catalpa bignonioides*, *Populus nigra*, *Thuja orientalis*, *Tilia cordata*, *Fraxinus lanceolata*, *Malus silvestris* представлені у кількості меншій десяти. В захисній лісосмузі підприємства Запоріжсталь зростають гарноквітучі рослини – *Catalpa*

bignonioides, *Aesculus hippocastanum*, *Sambucus nigra*, *Tilia cordata*, *Armeniaca vulgaris*, *Spiraea vanhouttei* та *Rosa canina*.

Таблиця 3.3

Видовий склад насадження СЗЗ підприємства Запоріжсталь

| Родина | Назва рослин | Число рослин шт./%, | Батьківщина |
|----------------------------------|------------------------------------|---------------------|---|
| <i>Betulaceae</i> Gray | <i>Betula pendula</i> | 17/0,37 | Аб. |
| <i>Bignoniaceae</i> Juss. | <i>Catalpa bignonioides</i> | 3/0,07 | Північна Америка |
| <i>Fabaceae</i> Lindl. | <i>Robinia pseudoacacia</i> | 903/19, 74 | Північна Америка |
| <i>Salicaceae</i> Lindl. | <i>Populus balsamifera</i> L. | 1/0,02 | Північна Америка |
| | <i>Populus alba</i> | 57/1,25 | Сибір, Китай, Азія |
| | <i>Populus simonii</i> | 108/2,36 | Північний Китай |
| | <i>Populus nigra</i> L. | 5/0,11 | Аб. |
| <i>Vitaceae</i> Lindl. | <i>Parthenocissus quinquefolia</i> | 37/0,81 | Північна Америка |
| <i>Ulmaceae</i> Mirb. | <i>Ulmus glabra</i> Huds. | 13/0,28 | Аб. |
| | <i>Ulmus carpinifolia</i> | 1311/28,66 | Західний Тянь-Шань |
| <i>Sapindaceae</i> Torr. et Grey | <i>Aesculus hippocastanum</i> L. | 45/0,98 | Горні ліси південно-Балканського півострову (Македонія) |
| <i>Caprifoliaceae</i> Vent. | <i>Sambucus nigra</i> L. | 6/0,13 | Аб. |
| <i>Cornaceae</i> Link. | <i>Cornus mas</i> L. | 10/0,22 | Аб. |
| <i>Cupressaceae</i> F. Neger | <i>Thuja orientalis</i> L. | 9/0,20 | Китай, Корея. |
| | <i>Thuja occidentalis</i> L. | 15/0,33 | Північна Америка |
| <i>Aceraceae</i> Lindl. | <i>Acer pseudoplatanus</i> | 11/0,24 | Аб. |
| | <i>Acer negundo</i> L. | 1732/37,87 | Північна Америка |
| <i>Tiliaceae</i> Juss. | <i>Tilia cordata</i> Mill. | 5/0,11 | Аб. |
| <i>Elaeagnaceae</i> Juss. | <i>Elaeagnus angustifolia</i> | 10/0,22 | Аб. |
| <i>Oleaceae</i> Link. | <i>Fraxinus lanceolata</i> Borkh. | 4/0,09 | Північна Америка |
| <i>Rosaceae</i> Juss. | <i>Armeniaca vulgaris</i> Lam. | 2/0,04 | Горні ліси Тянь-Шаня |
| | <i>Prunus tomentosa</i> Thunb. | 1/0,02 | Китай, Корея и Монголія |
| | <i>Pyrus communis</i> | 2/0,04 | Аб. |
| | <i>Spiraea vanhouttei</i> Zab. | 114/2,49 | Франція |
| | <i>Rosa canina</i> L. | 1/0,02 | Аб. |
| | <i>Malus silvestris</i> (L.) Mill. | 6/0,13 | Аб. |
| <i>Simarubaceae</i> Lindl. | <i>Ailanthus altissima</i> | 116/2,54 | Північний Китай |
| <i>Pinaceae</i> Link. | <i>Picea abies</i> L. | 2/0,04 | Аб. |
| | <i>Picea pungens</i> Engelm. | 1/0,02 | Північна Америка |
| <i>Thymelaeaceae</i> Adans. | <i>Daphne mezereum</i> | 25/0,55 | Аб. |
| <i>Moraceae</i> Lindl. | <i>Morus alba</i> | 2/0,04 | Західний Китай |
| Всього | | 4574 | |

Примітка: чисельник – кількість дерев, шт.; знаменник – % від числа рослин у насадженні.

Панівними породами захисної лісосмуги є *Acer negundo*, *Ulmus carpinifolia* та *Robinia pseudoacacia*, їх чисельність становить 37,87 %, 28,66 % та 19,74 % від загальної кількості рослин відповідно. Таку велику кількість дерев *Acer negundo* можна віднести до негативного фактору, хоча ця порода є досить стійкою до забруднювачів, але вона не довговічна [120].

Число аборигенних видів у санітарно-захисному насадженні підприємства Запоріжсталь – 13 (41,94 % від загальної кількості видів). Кількість видів, батьківщиною яких є інші країни – 18 (58,64 %), за чисельністю екземплярів вони також переважають (97,53 % від загального числа рослин, зростаючих в захисній смузі даного заводу). Серед аборигенних видів найчисельнішими є *Daphne mezereum*, *Betula pendula*, *Ulmus glabra*, *Acer pseudoplatanus*, *Cornus mas* та *Elaeagnus angustifolia*. Найбільша кількість у насадженні таких інтродукованих рослин: *Acer negundo* (37,87 %), *Ulmus carpinifolia* (28,66 %), *Robinia pseudoacacia* (19,74 %).

Кількісно за критерієм відношення до вологи досліджувані деревні рослини СЗЗ підприємства Запоріжсталь розподілили таким чином. Найбільша група – ксеромезофіти – 38,77 % від загального числа екземплярів (1444 шт.). Друга за кількістю дерев є група мезоксерофіти – 31,82 %. Найчисельнішими в цій групі є *Ulmus carpinifolia* (28,66 % від загальної кількості рослин в насадженні) (рис. 3.3).

Наступна за кількістю екземплярів група – ксерофіти – 22,98 % (1043 шт.). Головними породами в даній групі є – *Robinia pseudoacacia* (19,74 % від числа рослин, зростаючих у захисному масиві заводу Запоріжсталь) та *Ailanthus altissima* (2,54 %). Досить мала кількість мезофітів (4,89 %), головними представниками яких є *Spiraea vanhouttei* та *Aesculus hippocastanum*. До мезогідрофітів належить лише 69 шт. дерев (1,52 %). Чисельно в цій групі переважають *Populus alba* – 57 шт.

Отже, 93,57 % дерев СЗЗ комбінату Запоріжсталь за відношенням до вологи відносяться до посухостійких і відносно посухостійких, що відповідає екологічним умовам зростання.

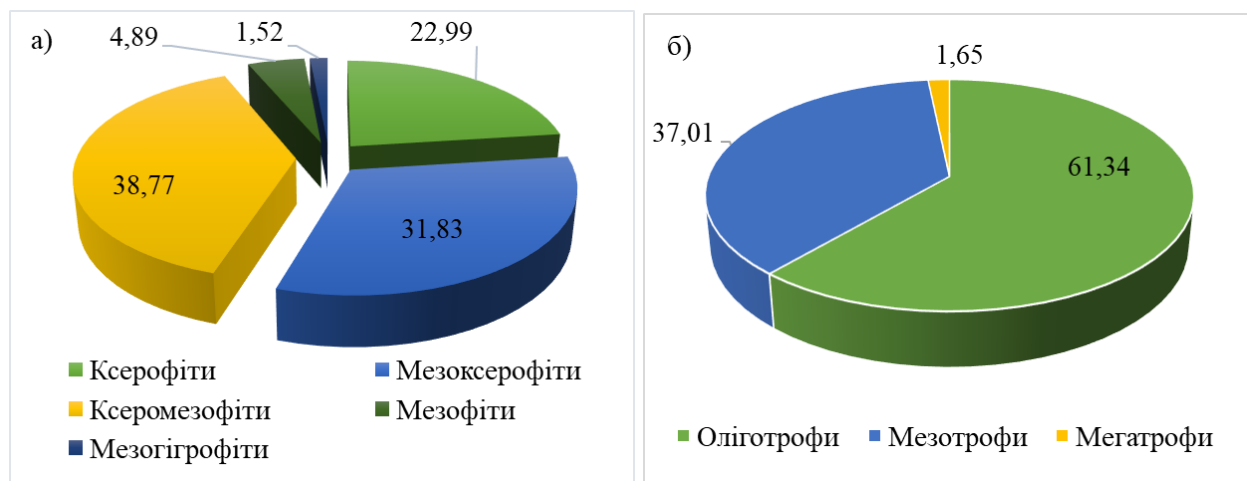


Рис. 3.3. Розподіл деревних порід СЗЗ підприємства Запоріжсталь за відношенням до вологи (а) та живильності ґрунту (б), %

За відношенням до живильності ґрунту найчисельнішими є рослини, які відносяться до оліготрофів (невибагливі) (рис. 3.3). Їх кількість дорівнює 61,34 %. Другою за представленістю є група мезотрофів (37,01 %). Головною породою у цій групі є – *Ulmus carpinifolia* (28,66 % від кількості дерев, зростаючих у санітарно-захисному насадженні підприємства Запоріжсталь). До групи мегатрофів віднесено лише 75 екземплярів – 1,65 % від числа рослин в насадженні.

Отже, насадження СЗЗ підприємства Запоріжсталь відноситься до конструкцій фільтруючого типу. Для покращення їх функцій необхідно провести реконструкцію, відновити рядковість, заповнити пусті проміжки стійкими деревними породами, тим самим збільшивши щільність насадження. Щільну поросль необхідно прорідити. Для збільшення листкової поверхні зеленої смуги позитивним буде висадження чагарників до 10 % від кількості дерев, між рядами основних порід.

Підприємство Укрграфіт. Відноситься до IV класу шкідливості. Насадження СЗЗ підприємства Укрграфіт розташоване з північно-західної сторони заводу в напрямку до населених пунктів міста. Для досягнення ефективного ослаблення впливу шкідливих факторів ширина СЗЗ для даного типу підприємства повинна бути 100 м, відстань від підприємства до забудов відповідає нормам. Площа СЗЗ становить 13 га, площа зелених насаджень –

близько 9 га, їх протяжність – 1000 м. Ширина захисних лісосмуг у різних ділянках неоднакова, максимальне значення цього показника сягає 153 м, мінімальне – 47. Індекс озеленення 69 %, що відповідає нормам. Зелені насадження фільтруючого типу. За цим критерієм вони відповідають нормам [254].

Слід зазначити, що підприємство Укрграфіт територіально розташоване в районі, де здійснюється активний рух автотранспорту, це додатково збільшує навантаження на насадження СЗЗ.

Зелена зона спеціального призначення умовно поділена на три частини. Перша частина захисної лісосмуги розташована ліворуч підприємства і обмежується залізничними коліями та автотранспортними шляхами. Деревні насадження розміщені групами. На цій ділянці (ближче до колій) зосереджена зелена територія, протяжністю 20 – 30 м. Ділянка має занедбаний вигляд. Інші дві ділянки розділені автотранспортним сполученням. Друга ділянка розташована навпроти центральної прохідної підприємства Укрграфіт (Додаток А, рис. А.5). Ця територія знаходиться під наглядом працівників. Деревя зростають рядами, вздовж алеї висадженні чагарники. Третя ділянка СЗЗ розміщена з правої частини від центрального управління підприємства, поряд розташований ДП «Запорізький експрес-технічний центр» (Додаток А, рис. А.6). Деревя зростають рядами. Декілька з них мають значні проміжки між рослинами (більше 6 м), але це незначно впливає на щільність лісосмуги. Середня її щільність – 208,4 шт./га. У даній частині догляд за рослинами відсутній.

Правильність рядів порушує підріст деревних порід (*Ailanthus altissima*, *Morus alba*, *Populus alba*, *Robinia pseudoacacia*, *Parthenocissus quinquefolia*). Висота підросту від 0,1 до 1,5 м, його щільність – 314 шт./га. Спонтанно зростає *Parthenocissus quinquefolia* [289].

У досліджуваній СЗЗ заводу Укрграфіт виявлено 1140 рослин, які представлені чагарниками (17,19 % від загальної кількості рослин), ліанами та деревами – 0,62 % й 82,19 % відповідно (табл. 3.4).

Видовий склад насадження СЗЗ заводу Укрграфіт

| Родина | Назва рослин | Числа рослин шт./% | Батьківщина |
|---------------------------------|------------------------------------|--------------------|--------------------------------------|
| <i>Cupressaceae</i> F. Neger | <i>Thuja orientalis</i> | 4/0,35 | Китай, Корея |
| | <i>Juniperus sabina</i> L. | 6/0,53 | Аб. |
| <i>Bignoniaceae</i> Juss. | <i>Catalpa bignonioides</i> | 1/0,09 | Північна Америка |
| <i>Fabaceae</i> Lindl. | <i>Robinia pseudoacacia</i> | 365/32,02 | Північна Америка |
| <i>Salicaceae</i> Lindl. | <i>Salix alba</i> L. | 2/0,17 | Аб. |
| | <i>Populus simonii</i> | 4/0,35 | Північний Китай |
| | <i>Populus alba</i> | 70/6,14 | Сибір, Китай, Азія |
| | <i>Populus pyramidalis</i> Spach. | 1/0,09 | Афганістан, Мала Азія, Гімалаї. |
| <i>Populus nigra</i> | 3/0,26 | Аб. | |
| <i>Vitaceae</i> Lindl. | <i>Parthenocissus quinquefolia</i> | 6/0,53 | Північна Америка |
| <i>Ulmaceae</i> Mirb. | <i>Ulmus laevis</i> | 61/5,35 | Аб. |
| | <i>Ulmus carpinifolia</i> | 183/16,05 | Західний Тянь-Шань |
| <i>Juglandaceae</i> Lindl. | <i>Juglans regia</i> L. | 9/0,79 | Центральна Азія |
| <i>Caprifoliaceae</i> Dill. | <i>Symphoricarpos albus</i> Blake | 95/8,33 | Північна Америка |
| <i>Aceraceae</i> Lindl. | <i>Acer platanoides</i> | 13/1,14 | Аб. |
| | <i>Acer negundo</i> | 2/0,17 | Північна Америка |
| <i>Cannabaceae</i> Martynov | <i>Humulus lupulus</i> L. | 1/0,09 | Аб. |
| <i>Malvaceae</i> Juss. | <i>Hibiscus syriacus</i> L. | 4/0,35 | Китай, Корея та країни західної Азії |
| <i>Tiliaceae</i> Juss. | <i>Tilia cordata</i> | 7/0,61 | Аб. |
| <i>Elaeagnaceae</i> Juss. | <i>Elaeagnus angustifolia</i> | 1/0,09 | Аб. |
| <i>Oleacea</i> Link. | <i>Syringa vulgaris</i> L. | 4/0,35 | Балканський півострів |
| | <i>Fraxinus lanceolata</i> | 37/3,25 | Північна Америка |
| <i>Rosaceae</i> Juss. | <i>Prunus tomentosa</i> | 1/0,09 | Китай, Корея и Монголія |
| | <i>Pyrus communis</i> | 1/0,09 | Аб. |
| | <i>Rosa canina</i> | 1/0,09 | Аб. |
| | <i>Malus domestica</i> Borkh. | 4/0,35 | Південний Казахстан, Киргизія |
| <i>Simarubaceae</i> Lindl. | <i>Ailanthus altissima</i> | 53/4,65 | Північний Китай |
| <i>Thymelaeaceae</i> Adans. | <i>Daphne mezereum</i> | 85/7,45 | Аб. |
| <i>Moraceae</i> Lindl. | <i>Morus alba</i> | 116/10,18 | Західний Китай |
| <i>Всього</i> | | 1140 | |

Примітка: чисельник – кількість дерев, шт.; знаменник – % від числа рослин у насадженні.

Ліани презентовані двома видами – *Parthenocissus quinquefolia* та *Humulus lupulus* (0,53 та 0,09 % відповідно від загальної кількості всіх рослин у насадженні), чагарники – сімома видами – *Juniperus sabina*, *Symphoricarpos albus*, *Hibiscus syriacus*, *Syringa vulgaris*, *Prenus tomentosa*, *Rosa canina* та *Daphne mezereum*. Найчисельнішими серед чагарникових форм виявились *Daphne mezereum* та *Symphoricarpos albus* (7,45 та 8,33 % від загальної кількості рослин). Вони висаджені з фронтальної частини відносно заводу по обидва боки автомобільної дороги. У насадженні виявлено лише по одному екземпляру *Prenus tomentosa* та *Rosa canina*, чотири екземпляри *Syringa vulgaris* та шість – *Juniperus sabina*.

На території СЗЗ зростає 20 видів дерев, переважаючими є *Robinia pseudoacacia*, *Ulmus carpinifolia* та *Morus alba*, їх чисельність становить 32,02 %, 16,05 % та 10,18 % від загальної кількості рослин у насадженні відповідно. Древа *Elaeagnus angustifolia*, *Pyrus communis*, *Malus domestica* та *Populus pyramidalis* представлені лише по 1 екз., *Salix alba* та *Acer negundo* – двома екземплярами (0,17 % від загального числа дерев). До гарноквітучих відносяться: *Catalpa bignonioides*, *Hibiscus syriacus*, *Tilia cordata*, *Malus domestica*, *Rosa canina*, *Prunus tomentosa*, *Robinia pseudoacacia*.

Аборигенні види деревостану санітарно-захисного насадження Укрграфіт складають 15,88 % (11 видів), а інтродуковані – 84,12 % від загальної кількості рослин у насадженні. Найчисельнішими серед аборигенних видів є *Daphne mezereum* (7,45 % від числа рослин в насадженні) та *Ulmus laevis* (5,35 %). За кількісними показниками, домінуючими інтродукованими видами є *Robinia pseudoacacia* (32,02 %), *Ulmus carpinifolia*, (16,05 %) та *Morus alba* (10,18 %).

За вибагливістю до вологи найбільша кількість деревних рослин СЗЗ заводу Укрграфіт відноситься до ксерофітів – 47,75 % від загальної кількості екземплярів (рис. 3.4). Це – *Robinia pseudoacacia*, *Ailanthus altissima*, *Juniperus sabina*, *Elaeagnus angustifolia* та *Morus alba*. Меншою кількістю дерев представлена група мезоксерофітів 29,74 % – *Juglans regia*, *Thuja orientalis*, *Populus simonii*, *Symphoricarpos albus*, *Syringa vulgaris*, *Fraxinus lanceolata*, *Rosa canina* та *Ulmus*

carpinifolia. У захисній лісосмузі зростає 6 видів ксеромезофітів. Це – *Pyrus communis*, *Malus domestica*, *Acer negundo* та *Catalpa bignonioides*, чисельність яких становлять лише 0,71 % від загальної кількості рослин у насадженні. Чотири види відносяться до групи мезофітів: *Tilia platyphyllos*, *Acer platanoides*, *Prunus tomentosa* та *Daphne mezereum* – (9,36 % від загальної кількості рослин), і п'ять – до групи мезогідрофітів – 12,27 %. Це – *Populus alba*, *Populus nigra*, *Populus pyramidalis*, *Ulmus laevis* та *Hibiscus syriacus*. Група гідрофітів представлена двома екземплярами *Salix alba*.

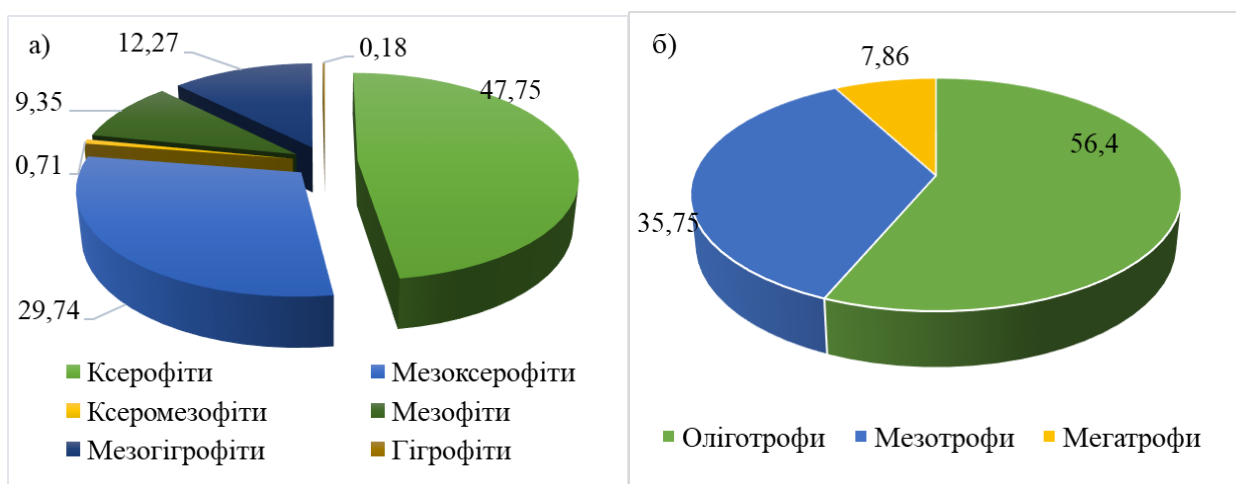


Рис. 3.4. Розподіл деревних порід СЗЗ підприємства Укрграфіт за відношенням до вологи (а) та живильності ґрунту (б), %

Ксеромезофіти, мезоксерофіти та ксеромезофіти складають 78,20 % від загального числа екземплярів деревних рослин у лісосмузі. Отже насадження СЗЗ підприємства Укрграфіт в значній мірі відповідають вимогам за вибагливістю до вологи.

За відношенням до вмісту поживних елементів у ґрунті найчисельнішими є рослини, які належать до групи оліготрофів (рис. 3.4). Їхня кількість у насадженні дорівнює 56,4 %. Другою за представленістю є група мезотрофів (35,75 %). До мегатрофів віднесена найменша кількість рослин, зростаючих у насадженні – 7,86 %. Найчисельнішою породою дерев у цій групі є *Ulmus laevis* – 5,35 % від загального числа рослин.

Отже, конструкція та індекс озеленення СЗЗ підприємства Укрграфіт відповідає нормам, але насадження потребує реконструкції. Необхідно замінити

відмираючі екземпляри новими, видалити більшу частину самосіву та відновити ряди дерев, заповнюючи проміжки між ними. На першій та третій ділянках можливе висадження чагарників для покращення очисних функцій захисної зони.

Завод Феросплавів. Відноситься до I класу шкідливості. СЗЗ даного підприємства має насадження протяжністю 1,6 км, їх ширина 50 м. Площа СЗЗ 19 га, зелених насаджень – 9,3 га. Територія, яка відведена під зелені насадження, становить 49 %, що майже відповідає нормам. Для даного типу підприємства озеленення повинно становити не менше 50 % СЗЗ. Щільність насаджень – 127 шт./га.

Захисні насадження відносяться до конструкції фільтруючого типу. Деревя зеленої зони розташовані на території нерівномірно (Додаток А, рис. А.7). Рослини, які висаджені ближче до проїзної частини, зростають рядами, зокрема це представники родини *Ulmaceae*. Центральна частина санітарно-захисної лісосмуги має великі проміжки, де-інде зростають молоді дерева *Ailanthus altissima* та *Fraxinus lanceolata*. Рослини, що розташовані біля паркану заводу, утворюють щільні посадки. Це – *Robinia pseudoacacia*, *Ulmus carpinifolia*, *Ailanthus altissima* з самосівом.

Перед головним входом до заводу в два ряди у вигляді живоплоту зростають щільні насадження куцистої форми *Robinia pseudoacacia* та *Daphne mezereum*.

З північної частини заводу насадження СЗЗ має занедбаний вигляд, містить багато побутового сміття. В цій частині зростає велика кількість багатостовбурних дерев.

Дендрофлора СЗЗ Феросплавного підприємства представлена чагарниками та деревами – 3,80 % та 96,20 % від загальної кількості рослин відповідно (табл. 3.5). Асортиментний склад деревостану лісосмуги налічує 13 видів, які належать до 11 родин. Загальна кількість деревних рослин – 1183 шт.

Деревні насадження складаються переважно з *Ulmus parvifolia* та *Robinia pseudoacacia*, їх представленість становить 53,34 % та 40,40 % від загального числа рослин. На території зеленої смуги СЗЗ підприємства зростає лише по

одному екземпляру *Malus domestica* та *Salix alba*, по два екземпляри *Betula pendula*, *Elaeagnus angustifolia* та *Fraxinus lanceolata*.

Середній вік більшості дерев 50 – 60 років і старіше, віком до 15 років лише *Fraxinus lanceolata* та *Catalpa bignonioides*, остання відноситься до гарноквітучих рослин.

Таблиця 3.5

Видовий склад насадження СЗЗ Феросплавного заводу

| Родина | Назва рослин | Число рослин, шт./%, | |
|-----------------------------|-------------------------------|----------------------|---|
| <i>Betulaceae</i> Gray | <i>Betula pendula</i> | 2/0,17 | Аб. |
| <i>Bignoniaceae</i> Juss. | <i>Catalpa bignonioides</i> | 11/0,93 | Північна Америка |
| <i>Fabaceae</i> Lindl. | <i>Robinia pseudoacacia</i> | 438/37,02 | Північна Америка |
| | <i>Robinia pseudoacacia</i> | 40/3,38 | Північна Америка |
| <i>Salicaceae</i> Lindl. | <i>Salix alba</i> | 1/0,08 | Аб. |
| | <i>Populus alba</i> | 8/0,68 | Сибір, Китай, Азія |
| <i>Ulmaceae</i> Mirb. | <i>Ulmus carpinifolia</i> | 27/2,28 | Західний Тянь-Шань |
| | <i>Ulmus parvifolia</i> | 631/53,34 | Північний, південний Китай, Корея, Японія |
| <i>Elaeagnaceae</i> Juss. | <i>Elaeagnus angustifolia</i> | 2/0,17 | Аб. |
| <i>Oleaceae</i> Link. | <i>Fraxinus lanceolata</i> | 2/0,17 | Північна Америка |
| <i>Rosaceae</i> Juss. | <i>Malus domestica</i> | 1/0,08 | Південний Казахстан, Киргизія |
| <i>Simarubaceae</i> Lindl. | <i>Ailanthus altissima</i> | 10/0,85 | Північний Китай |
| <i>Thymelaeaceae</i> Adans. | <i>Daphne mezereum</i> | 5/0,42 | Аб. |
| <i>Moraceae</i> Lindl. | <i>Morus alba</i> | 5/0,42 | Західний Китай |
| Всього | | 1183 | |

Примітка: чисельник – кількість дерев, шт.; знаменник – % від числа рослин у насадженні.

Аборигенні дерева деревостану СЗЗ Феросплавного заводу представлені 4-ма видами (28,57 %), а інтродуковані – 10-ма (71,43 % від загальної кількості видів в насадженні). За чисельністю екземплярів інтродуковані рослини складають переважну більшість – 99,15 %.

За вибагливістю до вологи найбільша кількість деревних рослин СЗЗ Феросплавного заводу відноситься до ксерофітів – 95,18 % від загального числа дерев (рис. 3.5). Це – *Robinia pseudoacacia*, *Ailanthus altissima*, *Ulmus parvifolia*, *Elaeagnus angustifolia* та *Morus alba*. Група мезоксерофітів (2,45 % від числа рослин в насадженні) представлена 27 шт. *Ulmus carpinifolia* та 2 – *Fraxinus lanceolata*. До ксеромезофітів відносяться *Catalpa bignonioides* та *Malus domestica*

(1,01 % від кількості дерев в СЗЗ досліджуваного підприємства). Група мезогігрофітів та мезофітів не перевищує 1 % від числа екземплярів насадження СЗЗ Феросплавного підприємства. Жодної з рослин не віднесено до групи гігрофітів [282].

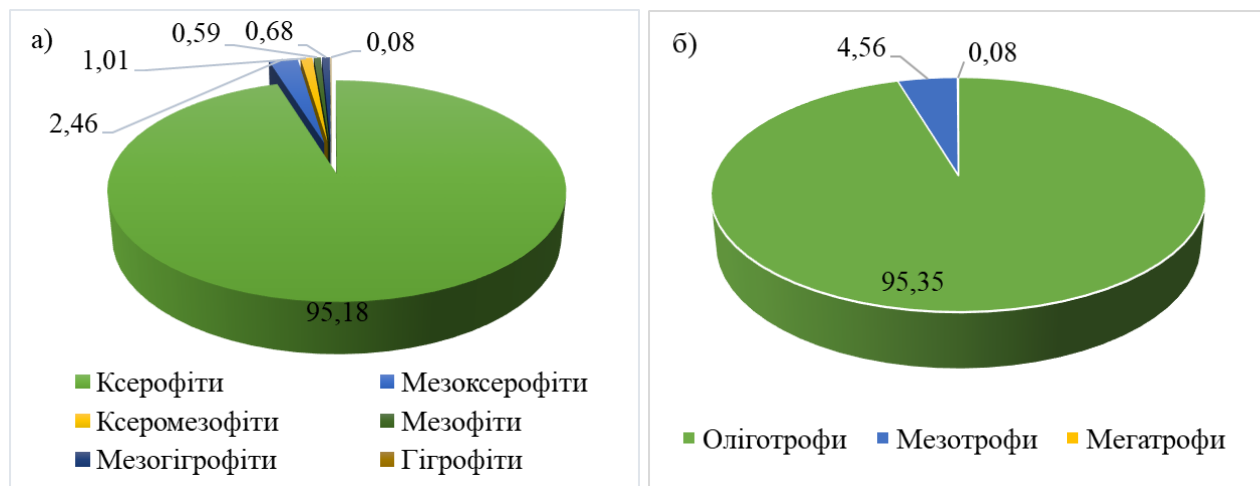


Рис. 3.5. Розподіл деревних порід СЗЗ Феросплавного підприємства за відношенням до вологи (а) та живильності ґрунту (б), %

Отже, 95,18 % дерев зеленої лісосмуги досліджуваного заводу посухостійкі та 3,47 % – відносно посухостійкі.

За відношенням до живильності ґрунту (рис. 3.5) найчисельнішими є рослини, які відносяться до групи оліготрофів – 95,35 % від загальної кількості екземплярів у насадженні. Дві інші групи є малочисельними. До групи мезотрофів (середньовибагливі) включено 4,56 %, мегатрофів – 0,08 % від числа деревних рослин, які зростають на території СЗЗ.

Таким чином, за вимогливістю деревних порід до вологи та до вмісту поживних елементів у ґрунті деревні породи СЗЗ Феросплавного заводу відповідають умовам зростання.

Отже, захисна лісосмуга Феросплавного заводу потребує реконструкції. По-перше, потрібно видалити підріст, який зростає на території. По-друге відновити ряди дерев, збільшивши щільність насадження. Необхідно висадити дерева в середній частині зеленої зони, оскільки там вони відсутні. Сухі та відмираючі дерева також необхідно замінити новими стійкими породами. Рекомендуємо

висадити стійкі до забруднювачів чагарники в кількості 118 штук, тобто 10 % від загального числа деревних рослин в насадженні.

Трансформаторний завод. Розташований на правобережній частині міста Запоріжжя, відноситься до машинобудівної галузі виробництва IV-го класу шкідливості. Відстань від підприємства даного типу до населених пунктів повинна становити не менше 100 м, фактично її ширина становить 110 м.

Вздовж північної, східної та південної межі підприємства створені смуги озеленення шириною від 20 до 50 м, які включені до складу СЗЗ основного виробництва, що відповідає вимогам упорядкування і озеленення території захисної зони. Площа СЗЗ – 40 га, зелених насаджень – 28 га. Індекс озеленення – 0,67, що відповідає нормам [288].

Конструкція дослідженої лісосмуги СЗЗ є фільтруючою. Спосіб посадки дерев – рядковий. За формою це прості 1-ярусні насадження з міжряддями 3 м (Додаток А, рис. А.8 – А.9). Тип озеленення у вигляді системи захисних смуг підібрано правильно і відповідає основному призначенню дослідженої СЗЗ – збільшенню турбулентності повітря та кращому розсіюванню шкідливих речовин.

Інвентаризація насаджень зеленої зони показала, що на території зростає 1665 рослин, серед яких 26 шт. – чагарників та 1639 дерев (табл. 3.6). Всі вони належать до відділу *Magnoliophyta*, представники *Pinophyta* – відсутні. Рослини відносяться до 18 родин. Родина *Rosaceae* представлена чотирма видами, родина *Aceraceae* – трьома, *Salicaceae*, *Pinaceae* та *Fabaceae* – двома, інші – одним. Всього у насадженні визначено 24 види дерев та 2 види – чагарників.

Найчисельнішою за кількістю екземплярів є родина *Aceraceae*, яка презентована трьома видами *Acer platanoides*, *Acer saccharinum* та *Acer negundo*. На території СЗЗ виявлено 423 рослини цієї родини, що становить 25,37 % від числа дерев, які зростають на території. Меншими за чисельністю є родина *Tiliaceae*, до цієї родини відноситься лише один вид *Tilia cordata* – 264 шт. (15,86 %), родина *Anacardiaceae* (єдиний представник *Cotinus coggygria*) – представлена 172 екз. (10,33 %), родина *Salicaceae* – *Populus pyramidalis* та *Populus nigra* – 164 екземплярами (9,85 %), родина *Ulmaceae* – *Ulmus parvifolia* – 128 екз. (7,69 %) та

родина *Fagaceae* (*Quercus robur*) – 112 екз. (6,73 %). Рослини, таких видів як *Catalpa bignonioides*, *Cornus mas*, *Armeniaca vulgaris* та *Malus silvestris* зростають у кількості меншій ніж 10 екземплярів кожний. В даній захисній лісосмузі є гарноквітучі рослини, до яких віднесені *Catalpa bignonioides*, *Aesculus hippocastanum*, *Tilia cordata*, *Armeniaca vulgaris*, *Spiraea vanhouttei* та *Malus silvestris*.

Таблиця 3.6

Видовий склад насадження СЗЗ Трансформаторного заводу

| Родина | Назва рослин | Число рослин шт./%, | Батьківщина |
|--------------------------------------|-----------------------------------|---------------------|---|
| <i>Betulaceae</i> Gray | <i>Betula pendula</i> | 66/3,96 | Аб. |
| <i>Bignoniaceae</i> Juss. | <i>Catalpa bignonioides</i> | 2/0,12 | Північна Америка |
| <i>Fabaceae</i> Lindl. | <i>Robinia pseudoacacia</i> | 86/5,17 | Північна Америка |
| | <i>Sophora japonica</i> L. | 10/0,60 | Японія, Китай, Корея |
| <i>Fagaceae</i> A.B.R. | <i>Quercus robur</i> | 112/6,73 | Аб. |
| <i>Salicaceae</i> Lindl. | <i>Populus pyramidalis</i> | 134/8,05 | Афганістан, Мала Азія, Гімалаї |
| | <i>Populus nigra</i> | 30/1,80 | Аб. |
| <i>Ulmaceae</i> Mirb. | <i>Ulmus parvifolia</i> | 128/7,69 | Північний, південний Китай, Корея, Японія |
| <i>Hippocastanaceae</i> Torr.et Grey | <i>Aesculus hippocastanum</i> | 63/3,78 | Горні ліси південно-півострову Балканського (Македонія) |
| <i>Juglandaceae</i> Lindl. | <i>Juglans regia</i> | 10/0,60 | Центральна Азія |
| <i>Cornaceae</i> Link. | <i>Cornus mas</i> | 3/0,18 | Аб. |
| <i>Cupressaceae</i> F. Neger | <i>Thuja orientalis</i> | 23/1,38 | Китай, Корея |
| <i>Aceraceae</i> Lindl. | <i>Acer platanoides</i> | 187/11,23 | Аб. |
| | <i>Acer saccharinum</i> L. | 80/4,80 | Північна Америка |
| | <i>Acer negundo</i> | 156/9,37 | Північна Америка |
| <i>Tiliaceae</i> Juss. | <i>Tilia cordata</i> | 264/15,86 | Аб. |
| <i>Oleacea</i> Link. | <i>Fraxinus lanceolata</i> | 14/0,84 | Північна Америка |
| <i>Platanaceae</i> Lindl. | <i>Platanus acerifolia</i> Wiild. | 10/0,60 | Англія |
| <i>Rosaceae</i> Juss. | <i>Armeniaca vulgaris</i> | 5/0,30 | Горні ліси Тянь-Шаня |
| | <i>Sorbus aucuparia</i> L. | 18/1,08 | Аб. |
| | <i>Spiraea vanhouttei</i> | 23/1,38 | Франція |
| | <i>Malus silvestris</i> | 8/0,48 | Аб. |
| <i>Simarubaceae</i> Lindl. | <i>Ailanthus altissima</i> | 15/0,90 | Північний Китай |
| <i>Pinaceae</i> Link. | <i>Picea abies</i> Engelm. | 33/1,98 | Аб. |
| | <i>Pinus sylvestris</i> L. | 13/0,78 | Аб. |
| <i>Anacardiaceae</i> Lindl. | <i>Cotinus coggygria</i> Scop. | 172/10,33 | Аб. |
| Всього | | 1665 | |

Примітка: чисельник – кількість дерев, шт.; знаменник – % від числа рослин у насадженні

Число аборигенних видів у санітарно-захисному насадженні Трансформаторного підприємства складає 11, що становить 42,31 %. Кількість видів, батьківщиною яких є інші країни, дещо більша – 15 (57,69 %). За чисельністю рослин в насадженні аборигенні види переважають – 54,41 % від загальної кількості рослин. Найчисельнішими є *Tilia cordata* (15,86 % від числа рослин в деревостані С33), *Acer pseudoplatanus* (11,23 %), *Cotinus coggygria* (10,33 %), *Quercus robur* (6,73 %) та *Betula pendula* (3,96 %). Найбільша представленість серед інтродукованих рослин таких видів: *Acer negundo* (9,37 %), *Populus pyramidalis* (8,05 %), *Ulmus parvifolia* (7,69 %), *Robinia pseudoacacia* (5,17 %).

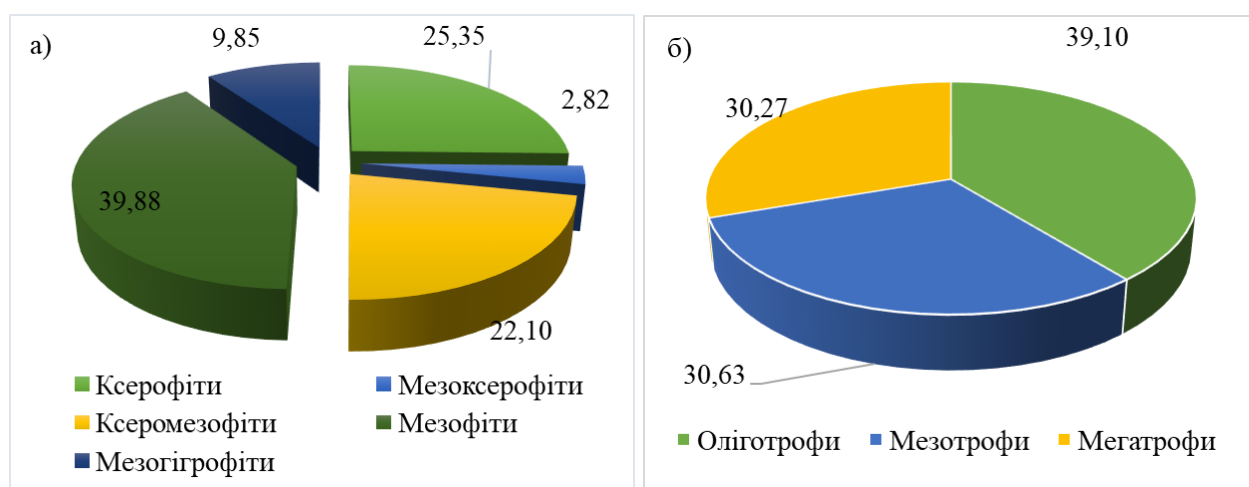


Рис. 3.6. Розподіл деревних порід С33 Трансформаторного заводу за відношенням до вологи (а) та живильності ґрунту (б), %

Розподіл деревних рослин захисної лісосмуги Трансформаторного заводу за відношенням до вологи показав, що 39,88 % насадження – це мезофіти (рис. 3.6). Їх головними представниками є *Tilia cordata* (15,86 % від числа рослин в захисному масиві), *Acer platanoides* (11,23 %), *Betula pendula* (3,96 %) та *Aesculus hippocastanum* (3,78 %). Кількість деревних рослин, які належать до ксерофітів та ксеромезофітів, – 25,35 та 22,10 % відповідно від загальної кількості рослин в зеленій зоні. Найчисельнішими в групі ксерофітів є *Cotinus coggygria* та *Ulmus parvifolia*, ксеромезофітів – *Acer negundo* та *Quercus robur*. Частка мезогігрофітів становить 9,85 %, у ній переважає *Populus pyramidalis*. Найменша кількість рослин віднесена до групи мезоксерофітів, яка представлена лише 47 екз. (2,82 %

від числа рослин, котрі зростають в досліджуваній захисній смузі). Не виявлено жодної рослини з групи гігрофітів.

Отже, посухостійких та відносно посухостійких рослин у насадженні – 50,27 %. Це свідчить, що асортимент для СЗЗ цього підприємства підібрано без врахування відношення до вологи. Дерев, що віднесені до групи мезофітів та мезогігрофітів у період літньої спеки перебувають у пригніченому стані, оскільки рівень забезпечення вологою дерев та чагарників зеленого масиву даного підприємства нижчий від середнього.

За відношенням до родючості ґрунту у насадженні переважають оліготрофи – 39,10 % від загальної кількості дерев у захисному насадженні Трансформаторного заводу (рис. 3.6), серед них найчисленніший вид – *Cotinus coggygia*, кількість екземплярів якого становить 10,33 %, *Acer negundo* (9,37 %), та *Ulmus parvifolia* (7,69 %).

У групі мезотрофів 30,63 %, оліготрофів – 30,27 % рослин від їх загальної кількості в захисній зоні. В останній групі кількісно переважає *Acer platanoides* та *Populus pyramidalis*.

Отже, зелені насадження СЗЗ Трансформаторного заводу за конструкцією та індексом озеленення відповідають нормам. Але необхідно здійснювати обрізку всихаючих гілок та замінити відмираючі екземпляри дерев на нові.

Алюмінієвий комбінат. Відноситься до I класу шкідливості. Загальна площа СЗЗ – 11,6 га. Площа зелених насаджень на території СЗЗ – 7 га. Її ширина становить 250 м. Дерев зростають рядами, які мають значні проміжки, що утворені внаслідок загибелі ряду особин. З південного боку заводу, понад дорогою, розташована лісосмуга протяжністю 1,2 км, її ширина – 20 м. Щільність насаджень СЗЗ – 156 шт./га (Додаток А, рис. А.10).

Озеленення СЗЗ становить 60 %, що відповідає нормам. Конструкція зеленої смуги відноситься до фільтруючого типу, але потребує відновлювальних робіт. Оскільки в СЗЗ міститься багато відмираючих екземплярів дерев та існують значні проміжки в рядах.

Видовий склад насадження СЗЗ Алюмінієвого комбінату

| Родина | Назва рослин | Числа рослин шт./%, | |
|------------------------------|-------------------------------|---------------------|---|
| <i>Betulaceae</i> Gray | <i>Betula pendula</i> | 2/0,18 | Аб. |
| <i>Bignoniaceae</i> Juss. | <i>Catalpa bignonioides</i> | 16/1,47 | Північна Америка |
| <i>Fabaceae</i> Lindl. | <i>Robinia pseudoacacia</i> | 348/31,93 | Північна Америка |
| <i>Fagaceae</i> A.B.R. | <i>Quercus robur</i> | 3/0,28 | Аб. |
| <i>Salicaceae</i> Lindl. | <i>Salix alba</i> | 15/1,38 | Аб. |
| | <i>Populus simonii</i> | 1/0,09 | Північний Китай |
| | <i>Populus alba</i> | 29/2,66 | Сибір, Китай, Азія |
| | <i>Populus nigra</i> | 5/0,46 | Аб. |
| <i>Ulmaceae</i> Mirb. | <i>Ulmus laevis</i> | 32/2,94 | Аб. |
| | <i>Ulmus carpinifolia</i> | 361/33,12 | Західний Тянь-Шань |
| <i>Cupressaceae</i> F. Neger | <i>Thuja orientalis</i> | 6/0,55 | Китай, Корея. |
| | <i>Thuja occidentalis</i> | 25/2,29 | Північна Америка |
| | <i>Juniperus sabina</i> | 54/4,95 | Аб. |
| <i>Aceraceae</i> Lindl. | <i>Acer pseudoplatanus</i> | 2/0,18 | Аб. |
| <i>Sapindaceae</i> Juss. | <i>Aesculus hippocastanum</i> | 11/1,01 | Горні ліси південно-Балканського півострову (Македонія) |
| <i>Tiliaceae</i> Juss. | <i>Tilia cordata</i> | 14/1,29 | Аб. |
| <i>Oleaceae</i> Link. | <i>Syringa vulgaris</i> | 1/0,09 | Балканський півострів |
| | <i>Fraxinus lanceolata</i> | 57/5,23 | Північна Америка |
| <i>Platanaceae</i> Lindl. | <i>Platanus acerifolia</i> | 1/0,09 | Англія |
| <i>Rosaceae</i> Juss. | <i>Sorbus aucuparia</i> | 2/0,18 | Аб. |
| <i>Simarubaceae</i> Lindl. | <i>Ailanthus altissima</i> | 27/2,48 | Північний Китай |
| <i>Pinaceae</i> Link. | <i>Picea pungens</i> | 13/1,19 | Північна Америка |
| <i>Thymelaeaceae</i> Adans. | <i>Daphne mezereum</i> | 56/5,14 | Аб. |
| <i>Moraceae</i> Lindl. | <i>Morus alba</i> | 9/0,83 | Західний Китай |
| <i>Всього</i> | | 1090 | |

Примітка: чисельник – кількість дерев, шт.; знаменник – % від числа рослин даного виду

У лісосмузі Алюмінієвого комбінату визначено 24 види деревних рослин, які належать до 17 родин (табл. 3.7). Чагарники представлені трьома видами – *Daphne mezereum*, *Juniperus sabina* та *Syringa vulgaris* (5,14 %, 4,95 % та 0,09 % відповідно від загальної кількості рослин). На території зеленої зони зростає 3 види хвойних – *Thuja orientalis* (6 екз.), *Thuja occidentalis* (25 екз.) та *Picea pungens* (13 екз.). *Quercus robur*, *Populus nigra* та *Morus alba* представлені в кількості меншій 10 екземплярів. Такі дерева як *Populus Simonii* та *Platanus acerifolia* презентовані однією особою в насадженні, *Acer pseudoplatanus*, *Sorbus aucuparia* та *Betula pendula* – двома шт. Панівними породами зеленої смуги

підприємства є *Ulmus carpinifolia* та *Robinia pseudoacacia*, їх чисельність становить 33,12 %, та 31,93 % від загальної кількості рослин відповідно. *Catalpa bignonioides*, *Tilia cordata*, *Syringa vulgaris* – гарноквітучі рослини [290].

У захисному насадженні Алюмінієвого комбінату зростає 10 аборигенних та 14 інтродукованих видів деревних рослин, що становить 41,67 % й 58,33 % від загального числа видів. Кількісно в насадженні переважають інтродуковані рослини – 83,03 % від загального числа дерев.

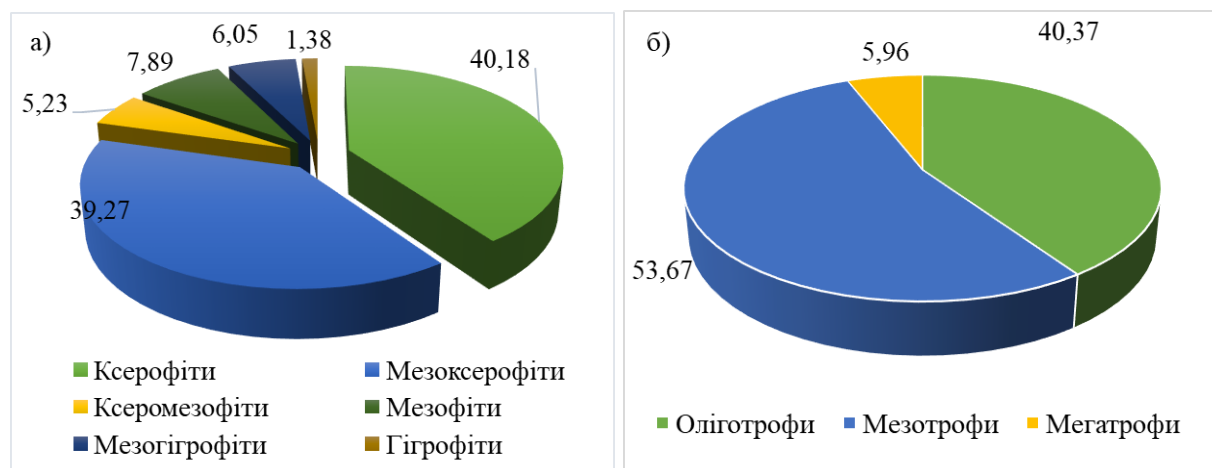


Рис. 3.7. Розподіл деревних порід С33 Алюмінієвого комбінату за відношенням до вологи (а) та живильності ґрунту (б), %

За критерієм відношення до вологи досліджувані деревні рослини С33 Алюмінієвого комбінату розподілились так (рис. 3.7). Найбільша група – ксерофіти складає 40,18 % від загальної кількості екземплярів (438 шт). Найчисельнішими в цій групі є – *Robinia pseudoacacia* (31,93 % від загальної кількості рослин у насадженні). Наступна за кількістю екземплярів група – мезоксерофіти – становить 39,27 % (428 шт.). Головною породою в даній групі є *Ulmus carpinifolia* – 33,12 % від загального числа рослин. До мезогірофітів належить *Populus alba*, *Populus nigra* та *Ulmus laevis*, кількість яких складає 6,05 %. Досить мала чисельність мезофітів – 7,89 %, головними представниками яких є *Daphne mezereum*, *Tilia cordata*, *Aesculus hippocastanum*. До ксеромезофітів належить 57 екз. (5,23 % зростаючих в зеленій лісосмузі). Гірофіти складають 1,38 % від кількості рослин у насадженні (*Salix alba* – 15 шт.). Це найбільший відсоток рослин даної групи з усіх досліджуваних С33 промислових підприємств.

За відношенням до вмісту поживних елементів у ґрунті найчисельнішими є рослини, які відносяться до групи оліготрофів (невибагливі) (рис. 3.7). Їх кількість дорівнює 53,67 %. Другою за чисельністю є група мезотрофів (40,37 %). До групи мегатрофів віднесена найменша кількість рослин захисного масиву комбінату – 65 екз. – 5,96 %.

Отже, 40,18 % дерев СЗЗ Алюмінієвого комбінату за відношенням до вологи відносяться до посухостійких, і 44,50 % до відносно посухостійких що відповідає екологічним умовам зростання.

Таким чином, СЗЗ заводу Алюмінієвого комбінату відповідає нормам за конструкцією, але потребує реконструкції. Необхідно здійснювати заміну всихаючим деревам та відновити ряди новими екземплярами, стійкими до забруднювачів. Позитивним буде висадка чагарників для збільшення листкової поверхні насаджень у кількості 109 екз.

Підприємство Вогнетрив. Відноситься до III класу шкідливості. Площа СЗЗ 35 га, зелених насаджень – 23 га. Індекс озеленення становить 0,65, що відповідає нормам для даного підприємства. Зелені насадження з південної сторони представленні переважно *Populus alba*, що зростає рядами вздовж асфальтної дороги протяжністю 1,1 км, – це службовий в'їзд. Підприємство з півночі, заходу та сходу оточене дорогами, які виконують роль повітряних коридорів. З північної сторони поблизу огорожі заводу протяжністю 1,1 км зростає ряд *Ulmus carpinifolia*. Через асфальтну дорогу та трамвайні рейки, ліворуч зростає щільним рядом підріст, – висота якого від 4 до 6 м. Це самосів *Acer negundo*, *Acer platanoides*, *Ulmus carpinifolia* та *Robinia pseudoacacia*, в кількості 767 шт. (включені до даних табл. 3.8). Зі східної сторони вздовж проїзної частини переважають посадки *Ulmus carpinifolia* та *Populus simonii*. Зелене насадження, яке розташоване з західної сторони заводу, та відокремлює його від житлових будинків, має ширину – 180 м, протяжність 1,2 км. Щільність насадження – 129 шт./га.

Перед адміністративною будівлею підприємства розташований зелений масив, який умовно поділяється на дві частини автомобільним сполученням.

Деревостан, що розташований ліворуч (Додаток А, рис. А.11) має такі характеристики: рослини зростають рядами, але декілька з них мають значні проміжки між деревами, що впливає на щільність насадження. Підріст на цій ділянці відсутній. Щільний перший ряд завдовжки 30 м утворює *Rosa canina*.

Зелені насадження, які розташовані праворуч – мають занедбаний вигляд. Великий масив підросту *Fraxinus lanceolata*, *Robinia pseudoacacia*, *Populus alba* та *Acer negundo*, *Morus alba* заввишки до 8 м утворює затінені, непродувні ділянки. Рослини зростають дрібними групами, ряди відсутні. Насадження СЗЗ заводу Вонетрив мають конструкцію фільтруючого типу.

Таблиця 3.8

Видовий склад насадження СЗЗ підприємства Вонетрив

| Родина | Назва рослин | Число рослин шт./% | |
|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------|---|
| <i>Betulaceae</i> Gray | <i>Betula pendula</i> | 11/0,40 | Аб. |
| <i>Bignoniaceae</i> Juss. | <i>Catalpa bignonioides</i> | 5/0,18 | Північна Америка |
| <i>Fabaceae</i> Lindl. | <i>Robinia pseudoacacia</i> | 679/24,50 | Північна Америка |
| <i>Salicaceae</i> Lindl. | <i>Salix alba</i> | 1/0,04 | Аб. |
| | <i>Populus alba</i> | 293/10,57 | Сибір, Китай, Азія |
| | <i>Populus simonii</i> | 40/1,44 | Північний Китай |
| | <i>Populus nigra</i> | 48/1,73 | Аб. |
| <i>Vitaceae</i> Lindl. | <i>Parthenocissus quinquefolia</i> | 14/0,51 | Північна Америка |
| <i>Ulmaceae</i> Mirb. | <i>Ulmus carpinifolia</i> | 669/24,14 | Західний Тянь-Шань |
| <i>Hippocastanaceae</i> Torr.et Grey | <i>Aesculus hippocastanum</i> | 16/0,58 | Горні ліси південно-Балканського півострову (Македонія) |
| <i>Juglandaceae</i> Lindl. | <i>Juglans regia</i> | 2/0,07 | Центральна Азія |
| <i>Cupressaceae</i> F. Neger | <i>Juniperus sabina</i> | 1/0,04 | Аб. |
| <i>Aceraceae</i> Lindl. | <i>Acer platanoides</i> | 76/2,74 | Аб. |
| | <i>Acer negundo</i> | 762/27,50 | Північна Америка |
| <i>Tiliaceae</i> Juss. | <i>Tilia cordata</i> | 2/0,07 | Аб. |
| <i>Elaeagnaceae</i> Juss. | <i>Elaeagnus angustifolia</i> | 6/0,22 | Аб. |
| <i>Oleacea</i> Link. | <i>Fraxinus lanceolata</i> | 6/0,22 | Північна Америка |
| <i>Platanaceae</i> Lindl. | <i>Platanus acerifolia</i> | 1/0,04 | Англія |
| <i>Rosaceae</i> Juss. | <i>Rosa canina</i> | 40/1,44 | Аб. |
| <i>Simarubaceae</i> Lindl. | <i>Ailanthus altissima</i> | 68/2,45 | Північний Китай |
| <i>Pinaceae</i> Link. | <i>Picea abies</i> | 3/0,11 | Аб. |
| | <i>Picea pungens</i> | 10/0,36 | Північна Америка |
| <i>Moraceae</i> Lindl. | <i>Morus alba</i> | 18/0,65 | Західний Китай |
| Всього | | 2771 | |

Примітка: чисельник – кількість дерев, шт.; знаменник – % від числа дерев у насадженні.

На території СЗЗ підприємства Вогнетрив зростає 2771 рослин, серед яких 2716 дерев, 41 шт. чагарників, 14 шт. ліан (табл. 3.8). Деревостан лісосмуги представлений 23 видами, які належать до 18 родин. До родини *Salicaceae* відноситься 4 види, *Aceraceae* та *Pinaceae* – два види, до інших – по одному. У насадженні зростає 1 вид ліан – *Parthenocissus quinquefolia* (0,51 % від загальної кількості рослин), та 2 види чагарників – *Juniperus sabina* та *Rosa canina* (0,04 та 1,44 %). У лісосмузі налічується 20 видів дерев, у тому числі два види хвойних – *Picea abies* та *Picea pungens*. Найрозповсюдженими виявилися *Acer negundo*, *Robinia pseudoacacia* та *Ulmus carpinifolia*, їх чисельність становить 27,50 %, 24,50 % та 24,14 % від загальної кількості рослин відповідно. На території СЗЗ цього підприємства зростають гарноквітучі рослини – *Catalpa bignonioides*, *Aesculus hippocastanum*, *Tilia cordata*, *Rosa canina*.

Число аборигенних видів у санітарно-захисному насадженні підприємства Вогнетрив – 9, кількість інтродукованих видів – 14, тобто 39,13 % та 60,87 % відповідно від загальної кількості видів. За чисельністю екземплярів інтродуценти також переважають (93,22 % від загального числа рослин, зростаючих в захисній смузі даного заводу). Серед аборигенних видів найчисельнішими є *Acer pseudoplatanus*, *Populus nigra* та *Betula pendula*. У найбільшій кількості представлені такі інтродуковані рослини: *Acer negundo* (27,50 %), *Ulmus carpinifolia* (24,14 %), *Robinia pseudoacacia* (24,50 %) (табл. 3.8).

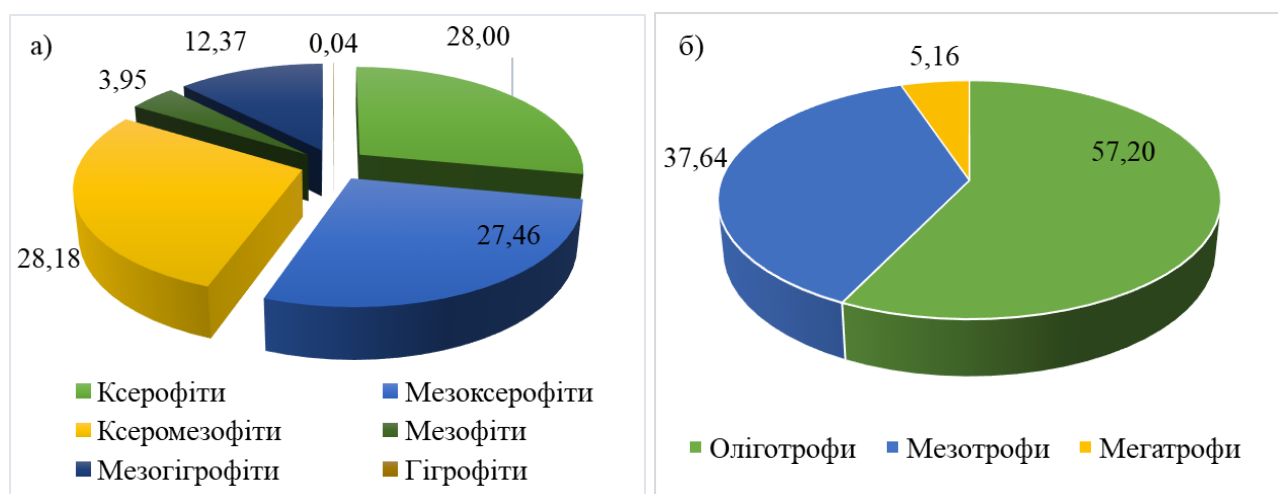


Рис. 3.8. Розподіл деревних порід СЗЗ підприємства Вогнетрив за відношенням до вологи (а) та живильності ґрунту (б), %

Як видно з даних рисунку 3.8, майже однакова частка рослин, зростаючих в зеленій захисній смузі заводу Вогнетрив, віднесена до групи ксерофітів (28,00 % від загальної кількості рослин, зростаючих в даній лісосмузі), мезоксерофітів (27,46 %) та ксеромезофітів (28,18 %). У групі ксерофітів п'ять видів – *Morus alba*, *Juniperus sabina*, *Elaeagnus angustifolia*, *Ailanthus altissima* та *Robinia pseudoacacia*, останній з яких є найчисельнішим – 679 екземплярів (24,50 % від числа рослин в насадженні). Головним видом у групі мезоксерофітів є *Ulmus carpinifolia* – 669 екземплярів (24,14 %), ксеромезофітів – *Acer negundo* – 762 шт. (27,50 %). На дослідженій території зростають шість видів мезофітів – *Betula pendula*, *Aesculus hippocastanum*, *Acer platanoides*, *Tilia cordata*, *Platanus acerifolia* та *Picea abies*, їх сумарна частка становить 3,95 % від загальної кількості дерев. Мезогігрофіти представлені двома видами, 12,37 % від числа рослин у насадженні. У цій групі переважає *Populus alba*, який за участю у фітоценозі поступається тільки ксерофіту *Robinia pseudoacacia*, мезоксерофіту *Ulmus carpinifolia* та ксеромезофіту *Acer negundo*. Найменше представлені у лісосмузі гігрофіти. Це одне дерево *Salix alba*. Таким чином, посухостійкі та відносно посухостійкі види рослин переважають в захисному насадженні підприємства Вогнетрив, що відповідає умовам зростання.

За відношенням до родючості ґрунту у насадженні переважають оліготрофи – 57,2 % від загальної кількості рослин у насадженні (рис. 3.8), серед них найчисленніші *Acer negundo* та *Robinia pseudoacacia* – 27,50 та 24,50 % відповідно від числа деревних рослин захисної смуги заводу Вогнетрив. Група мегатрофів становить 5,16 %, мезотрофів – 37,64 % від загальної кількості дерев зеленої зони. В останній групі кількісно переважає *Ulmus carpinifolia*.

Отже, зелені насадження СЗЗ заводу Вогнетрив потребують реконструкції. Необхідно збагатити лісосмугу чагарниками стійкими до шкідливих викидів, прорідити самосів та відновити рядовість висадкою нових дерев.

Абразивний комбінат. Відноситься до II класу шкідливості. Загальна площа СЗЗ – 17,4 га, площа зелених насаджень – 10 га. Ширина СЗЗ – 700 м, за нормам допустимо – 500 м. Індекс озеленення – 0,57. Щільність насадження – 133

шт/га. Ширина зеленого насадження в середньому 75 м, протяжність 2,2 км. Більша частина деревних рослин, що зростають в лісосмузі підприємства (близько 80 %), розташована з північного боку заводу. Вздовж алеї суцільним рядом висаджений *Daphne mezereum*. Його висота близько 1 м, щільність 2 кущі на 1 кв м. Біля автомобільної дороги розташовані переважно посадки *Populus alba*. На цій ділянці зростають молоді дерева *Catalpa bignonioides* та *Aesculus hippocastanum*. Їх висота від 4 до 6 м. У насадженні зі східної сторони відносно підприємства переважають молоді дерева *Robinia pseudoacacia* та *Catalpa bignonioides* (висота 6,1 до 8,0 м). Рослини, які висаджені в лісосмузі на південь відносно заводу, представлені головним чином *Robinia pseudoacacia*. Всі дерева в захисній зоні Абразивного комбінату зростають рядами. Конструкція відноситься до фільтруючого типу.

У лісосмузі Абразивного комбінату визначено 20 видів дерев, 3 види чагарників та 1 вид – ліана. Рослини відносяться до 14 родин (табл. 3.9). Родини *Rosaceae* та *Aceraceae* представлені трьома видами, родини *Salicaceae* та *Pinaceae* – двома, інші – одним. В загальній кількості в С33 зростає 4568 рослин, серед яких 1281 дерев, 3255 чагарників та ліана (*Parthenocissus quinquefolia*) – 32 екземпляри. *Parthenocissus quinquefolia* зростає хаотично по насадженню обплітаючи дерева. *Catalpa bignonioides*, *Pyrus communis*, *Armeniaca vulgaris*, *Spiraea vanhouttei* та *Daphne mezereum* – гарноквітучі рослини.

У захисній лісосмузі підприємства найчисельнішою є родина *Thymelaeaceae*, яка презентована одним видом – *Daphne mezereum* – 3232 екз. (70,75 % від числа рослин, які зростають на території). Ці чагарники висаджені, як вже відмічалось, вздовж алеї компактним рядом по обидва боки протяжністю 810 м. Меншими за чисельністю екземплярів є родини: *Fabaceae*, до якої відноситься один вид *Robinia pseudoacacia* – 548 екземплярів (12,00 %), *Salicaceae* представлена двома видами *Populus alba* та *Populus nigra* – 366 екземпляри (8,01 %), кількісно переважає *Populus alba*. *Ulmus carpinifolia*, що відноситься до родини *Ulmaceae* налічує 162 шт. (3,55 %). Представник родини *Bignoniaceae* – *Catalpa bignonioides* презентована 105 екземплярами (2,30 %). Рослини інших родин, крім тих, що

належать до *Vitaceae* та *Hippocastanaceae*, зростають на території СЗЗ Абразивного комбінату у кількості меншій двадцяти екземплярів. Такі види як *Acer saccharinum*, *Pyrus communis* та *Armeniaca vulgaris* представлені лише одним екземпляром.

Таблиця 3.9

Видовий склад насадження СЗЗ Абразивного комбінату

| Родина | Назва рослин | Число рослин шт./%, | |
|--------------------------------------|------------------------------------|---------------------|---|
| <i>Bignoniaceae</i> Juss. | <i>Catalpa bignonioides</i> | 105/2,30 | Північна Америка |
| <i>Fabaceae</i> Lindl. | <i>Robinia pseudoacacia</i> | 548/12,00 | Північна Америка |
| <i>Salicaceae</i> Lindl. | <i>Populus alba</i> | 317/6,94 | Сибір, Китай, Азія |
| | <i>Populus nigra</i> | 49/1,07 | Аб. |
| <i>Vitaceae</i> Lindl. | <i>Parthenocissus quinquefolia</i> | 32/0,70 | Північна Америка |
| <i>Ulmaceae</i> Mirb. | <i>Ulmus carpinifolia</i> | 162/3,55 | Західний Тянь-Шань |
| <i>Hippocastanaceae</i> Torr.et Grey | <i>Aesculus hippocastanum</i> | 51/1,12 | Горні ліси південно-Балканського півострову (Македонія) |
| <i>Juglandaceae</i> Lindl. | <i>Juglans regia</i> | 7/0,15 | Центральна Азія |
| <i>Cornaceae</i> Link. | <i>Cornus mas</i> | 3/0,07 | Аб. |
| <i>Aceraceae</i> Lindl. | <i>Acer platanoides</i> | 19/0,42 | Аб. |
| | <i>Acer saccharinum</i> | 1/0,02 | Північна Америка |
| | <i>Acer negundo</i> | 4/0,09 | Північна Америка |
| <i>Elaeagnaceae</i> Juss. | <i>Elaeagnus angustifolia</i> | 2/0,04 | Аб. |
| <i>Rosaceae</i> Juss. | <i>Pyrus communis</i> | 1/0,02 | Аб. |
| | <i>Armeniaca vulgaris</i> | 1/0,02 | Горні ліси Тянь-Шаня |
| | <i>Spiraea vanhouttei</i> | 20/0,44 | Франція |
| <i>Pinaceae</i> Link. | <i>Picea abies</i> | 2/0,04 | Аб. |
| | <i>Picea pungens</i> | 9/0,20 | Північна Америка |
| <i>Thymelaeaceae</i> Adans. | <i>Daphne mezereum</i> | 3232/70,75 | Аб. |
| <i>Moraceae</i> Lindl. | <i>Morus alba</i> | 3/0,07 | Західний Китай |
| Всього | | 4568 | |

Примітка: чисельник – кількість дерев, шт.; знаменник – % від числа рослин у насадженні.

Число інтродукованих видів у санітарно-захисному насадженні Абразивного підприємства складає 13, що становить 65,0 % від загальної кількості. Представленість аборигенних видів значно менша – 7 (35,0 %), але за кількістю особин ця група набагато більша – 72,42 % від загальної чисельності рослин у зеленому масиві.

Розподіл рослин за відношенням до вологи показав, що 7,06 % дерев санітарно-захисного насадження Абразивного комбінату – це мезофіти, до яких

відноситься чотири види: *Aesculus hippocastanum*, *Acer platanoides*, *Spiraea vanhouttei*, *Picea abies* (рис. 3.9). Частка мезогірофітів становить 28,07 %, найчисельнішим у ній є *Populus alba*. До групи деревних рослин, які належать до ксерофітів, віднесено 42,71 %. Найчисельнішими в цій групі є *Robinia pseudoacacia*, яка зростає в кількості 548 шт. До мезоксерофітів та ксеромезофітів віднесено 12,96 та 9,20 % дерев, зростаючих у даному захисному масиві. Серед мезоксерофітів найчисельніше представлений *Ulmus carpinifolia*. Враховуючи кліматичні умови, рівень забезпечення вологою дерев та чагарників досліджуваного захисного насадження підбір рослин здійснено правильно.

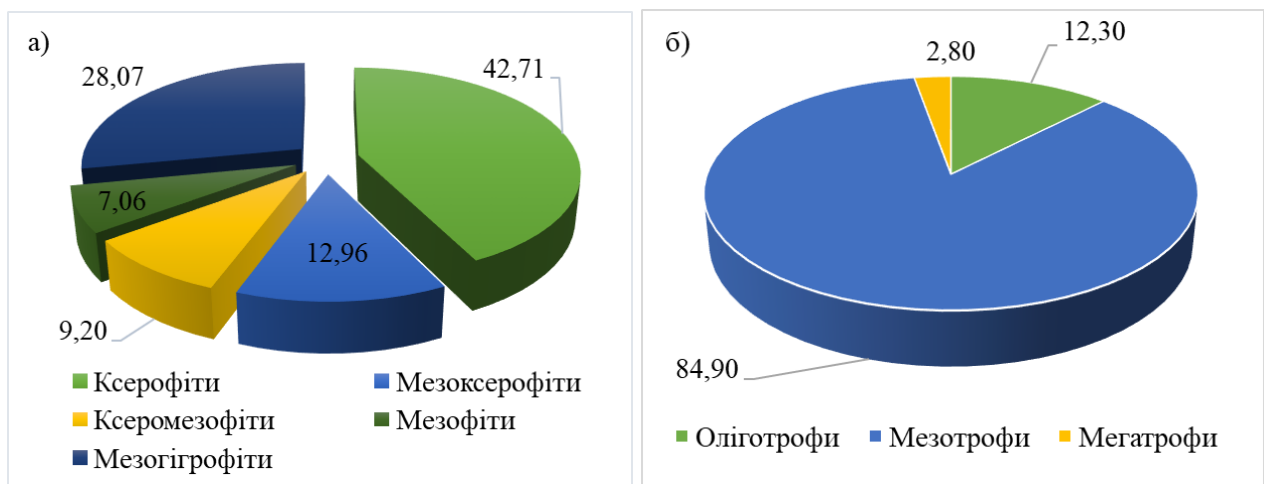


Рис. 3.9. Розподіл деревних порід СЗЗ Абразивного комбінату за відношенням до вологи (а) та живильності ґрунту (б), %

За відношенням до родючості ґрунту (рис. 3.9) переважають мезотрофи – 84,9 % від загальної кількості деревних рослин у насадженні, серед них найчисленніший вид – *Daphne mezereum*, кількість екземплярів якого становить 3232 (70,75 %). Група мегатрофів становить лише 2,8 % і нечисельна за видовим складом, оліготрофів – 12,3 % від загальної кількості деревних рослин СЗЗ Абразивного комбінату. У останній кількісно переважає *Robinia pseudoacacia*.

Отже, в СЗЗ Абразивного заводу зелені насадження доповнені молодими деревами: *Catalpa bignonioides*, *Aesculus hippocastanum*, *Robinia pseudoacacia*. Площа, яка відведена для озеленення, відповідає нормам. Для лісомуги рекомендовано здійснювати санітарну обрізку та замінити відмираючі дерева.

Підприємство Дніпроспецсталь. Відноситься до I класу шкідливості. СЗЗ цього заводу площею 48 га розташована з південної сторони заводу в напрямку до населених пунктів міста. Ширина СЗЗ – 1 км, що відповідає нормам. Деревя висадженні рядами, які перериваються на значні відстані через загибель частини рослин. Ширина зелених насаджень в середньому 130 м, протяжність – 1,9 км, площа – 25 га. Індекс озеленення становить 52 %. Щільність насадження – 132 шт./га. Конструкція СЗЗ фільтруючого типу. Площа, яка виділена для висадки деревної рослинності відповідає нормам, але щільність насадження низька, тому необхідно досаджувати стійкі до забруднювачів породи (Додаток А, рис. А.12).

У СЗЗ даного підприємства зростає 2116 рослин, які представлені чагарниками (5,58 % від загальної кількості рослин), деревами (91,77 %) та ліанами (2,65 %) (табл. 3.10). Вони відносяться до 26 видів, які належать до 17 родин.

У зеленій смузі один вид – ліана – *Parthenocissus quinquefolia* та два види чагарників – *Forsythia suspensa* та *Spiraea vanhouttei*. Останні висаджені перед головним корпусом заводу. Найчисельнішими серед чагарникових форм виявились *Spiraea vanhouttei* (5,25 % від загальної кількості рослин). *Parthenocissus quinquefolia* розповсюджений по всій лісосмузі, завдаючи шкоди деревній рослинності.

У насажденні зростає лише по одному екземпляру *Populus nigra* та *Pyrus communis*, 2 екземпляри *Salix alba*, 3 екземпляри *Ulmus laevis* та *Aesculus hippocastanum* та по 4 екземпляри *Acer saccharinum*, *Platanus acerifolia* та *Armeniaca vulgaris*. Пануючими породами є *Robinia pseudoacacia* та *Ulmus carpinifolia*, їх чисельність становить 36,81 % та 29,63 % від загальної кількості рослин відповідно. У зеленому насажденні зростають гарно квітучі рослини – *Catalpa bignonioides*, *Aesculus hippocastanum*, *Tilia cordata*, у сумарній кількості їх число становить 57 шт.

В санітарно-захисному насажденні заводу Дніпроспецсталь зростає 8 аборигенних видів, та майже вдвічі більше інтродукованих – 18 (табл. 3.10) За

кількістю екземплярів також переважають рослини інтродуценти – 95,18 % від загального числа видів, що зростають у даній захисній лісосмузі.

Таблиця 3.10

Видовий склад насадження СЗЗ заводу Дніпроспецсталь

| Родина | Назва рослин | Число рослин шт./%, | Походження рослин |
|--------------------------------------|------------------------------------|---------------------|---|
| <i>Betulaceae</i> Gray | <i>Betula pendula</i> | 44/2,08 | Аб. |
| <i>Bignoniaceae</i> Juss. | <i>Catalpa bignonioides</i> | 25/1,18 | Північна Америка |
| <i>Fabaceae</i> Lindl. | <i>Robinia pseudoacacia</i> | 779/36,81 | Північна Америка |
| <i>Vitaceae</i> Lindl. | <i>Parthenocissus quinquefolia</i> | 56/2,65 | Північна Америка |
| <i>Salicaceae</i> Lindl. | <i>Salix alba</i> | 2/0,09 | Аб. |
| | <i>Populus alba</i> | 17/0,80 | Сибір, Китай, Азія |
| | <i>Populus simonii</i> | 203/9,59 | Північний Китай |
| | <i>Populus nigra</i> | 1/0,05 | Аб. |
| <i>Ulmaceae</i> Mirb. | <i>Ulmus laevis</i> | 3/0,14 | Аб. |
| | <i>Ulmus carpinifolia</i> | 627/29,63 | Західний Тянь-Шань |
| <i>Hippocastanaceae</i> Torr.et Grey | <i>Aesculus hippocastanum</i> | 3/0,14 | Горні ліси південно-Балканського півострову (Македонія) |
| <i>Juglandaceae</i> Lindl. | <i>Juglans regia</i> | 22/1,04 | Центральна Азія |
| <i>Cupressaceae</i> F. Neger | <i>Thuja occidentalis</i> | 60/2,84 | Північна Америка |
| <i>Aceraceae</i> Lindl. | <i>Acer platanoides</i> | 16/0,76 | Аб. |
| | <i>Acer saccharinum</i> | 4/0,19 | Північна Америка |
| | <i>Acer negundo</i> | 13/0,61 | Північна Америка |
| <i>Tiliaceae</i> Juss. | <i>Tilia cordata</i> | 29/1,37 | Аб. |
| <i>Oleaceae</i> Link. | <i>Forsythia suspense</i> Vahl. | 7/0,33 | Китай |
| <i>Platanaceae</i> Lindl. | <i>Platanus acerifolia</i> | 4/0,19 | Англія |
| <i>Rosaceae</i> Juss. | <i>Armeniaca vulgaris</i> | 4/0,19 | Горні ліси Тянь-Шаня |
| | <i>Pyrus communis</i> | 1/0,05 | Аб. |
| | <i>Spiraea vanhouttei</i> | 111/5,25 | Франція |
| <i>Simarubaceae</i> Lindl. | <i>Ailanthus altissima</i> | 43/2,03 | Північний Китай |
| <i>Pinaceae</i> Link. | <i>Picea abies</i> | 6/0,28 | Аб. |
| | <i>Picea pungens</i> | 16/0,76 | Північна Америка |
| <i>Moraceae</i> Lindl. | <i>Morus alba</i> | 20/0,95 | Західний Китай |
| Всього | | 2116 | |

Примітка: чисельник – кількість дерев, шт.; знаменник – % від числа рослин у насадженні

Розподіл деревних рослин за відношенням до вологи показав, майже однаковий відсоток ксерофітів та мезоксерофітів – 41,07 та 41,36 % відповідно від загальної кількості рослин у насадженні (рис. 3.10). Найчисельнішими серед ксерофітів є – *Robinia pseudoacacia* (36,81 % від числа рослин у санітарно-захисній смузі), серед мезоксерофітів – *Ulmus carpinifolia* (29,63 %) та *Populus*

simonii 9,59 %). Наступною за чисельністю є група мезофітів – 10,68 % насаджень зеленої захисної смуги. Ця група представлена 8-ма видами: *Betula pendula*, *Acer platanoides*, *Aesculus hippocastanum*, *Tilia cordata*, *Picea abies*, *Platanus acerifolia*, *Forsythia suspense*, *Spiraea vanhouttei*. Ксеромезофіти складають 5,78 % від загальної кількості рослин у захисному масиві. Головними в цій групі є *Thuja occidentalis* (2,84 % від числа рослин в насадженні) та *Catalpa bignonioides* (1,18 %). Частка мезогідрофітів становить 1,02 %, гідрофітів – 0,1 % (2 екземпляри *Salix alba*).

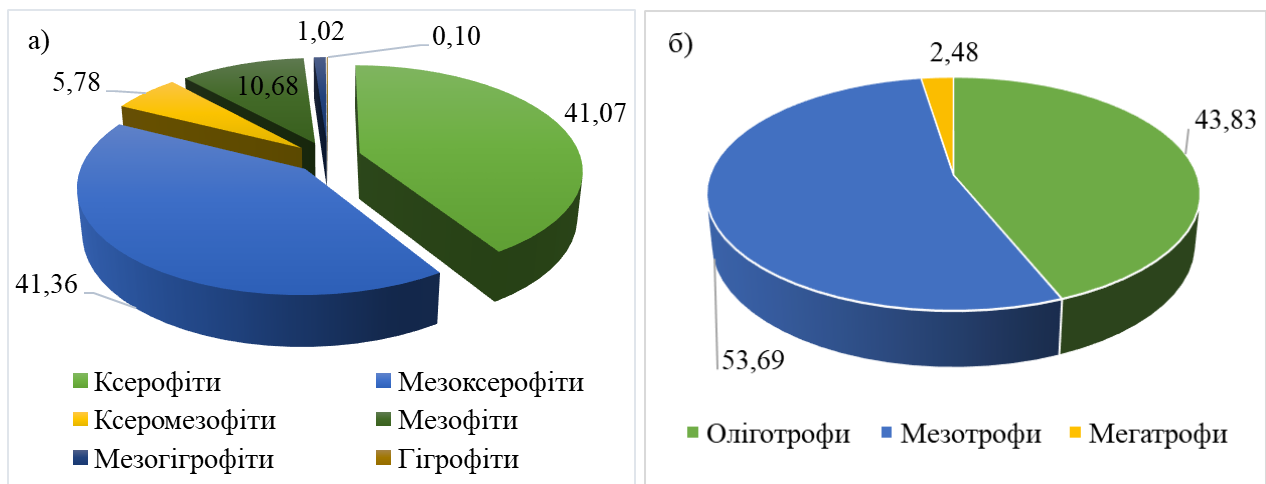


Рис. 3.10. Розподіл деревних порід СЗЗ підприємства Дніпроспецсталь за відношенням до вологи (а) та живильності ґрунту (б), %

Отже, 88,21 % деревних рослин на дослідній захисній смузі є посухостійкими та відносно посухостійкими, що є позитивним, оскільки полив відсутній і клімат місцевості характеризується частими посухами та малою кількістю опадів у період вегетації.

За відношенням до родючості ґрунту (рис. 3.10) у насадженні переважають мегатрофи – 53,69 % від загальної кількості дерев. Головним видом цієї групи є *Ulmus carpinifolia* – 29,63 % від числа рослин у зеленій зоні. Другою за чисельністю є група оліготрофів – 43,83 %, кількісно переважає *Robinia pseudoacacia* (36,81 % від числа рослин в санітарно-захисній смузі). Група мегатрофів становить лише 2,48 %.

Отже, дана СЗЗ потребує реконструкції. Необхідно висадити нові стійкі до забруднювачів деревні породи; видалити частину самосіву на тій ділянці, де він

зростає хащами. Позитивним буде висадження чагарників що буде становити до 10 % від загальної кількості дерев в насадженні, тобто в кількості 76 шт.

Титано-магнієвий комбінат. Відноситься до I-го класу шкідливості. Ширина СЗЗ – 1км, її площа становить 55 га, зелених насаджень – 27 га. Щільність насаджень – 137 шт./га. Індекс озеленення – 49 % площі віднесено під озеленення, що майже відповідає нормам. Ширина насаджень в середньому 90 м. Рослини, які зростають перед адміністративним приміщенням підприємства, знаходяться під наглядом. Тут висадженні молоді дерева *Acer negundo*, *Aesculus hippocastanum* та представники хвойних (*Thuja orientalis*, *Thuja occidentalis*, *Picea abies* та *Picea pungens*). Дерев зростають рядами, які інколи перериваються на незначну відстань. Насадження, що розташовані на північ та південь, стосовно підприємства, мають занедбаний вигляд. Проміжки між рядами деревних порід заросли самосівом *Ailanthus altissima*, *Acer negundo* та *Ulmus carpinifolia*, утворюючи непрохідні хащі. На цій території міститься багато сухого гілля та сухостій минулих років, кірка яких обпала. У насадженні дуже мало гарноквітучих рослин, лише 13 екземплярів. Це *Aesculus hippocastanum* та *Tilia cordata*. Захисна лісосмуга відноситься до конструкцій фільтруючого типу.

В деревних насадженнях лісосмуги Титано-магнієвого комбінату виявили 21 вид рослин (20 видів дерев та 1 – ліана), які належать до 14 родин (табл. 3.11). Як результат самовідновлення зростає підріст у кількості 456 штук, який подекуди утворює загущені ділянки (Додаток А, рис. А.13). Він представлений головним чином такими видами як *Ulmus carpinifolia*, *Robinia pseudoacacia*, *Acer negundo* та *Ailanthus altissima*. Його висота сягає від 4 до 6 м, *Parthenocissus quinquefolia* зростає хаотично по всій захисній смузі.

Родина *Salicaceae* презентована чотирма видами, родини *Ulmaceae*, *Cupressaceae*, *Pinaceae* та *Aceraceae* – двома видами, інші – одним. *Salix alba*, та *Thuja orientalis* зростають лише в одному екземплярі, *Tilia cordata* – в трьох. Найрозповсюдженими серед деревних порід виявилися *Ulmus carpinifolia* та *Robinia pseudoacacia*, їх кількість становить 56,15 та 24,70 % від загального обсягу рослин відповідно. Меншими за чисельністю є *Acer negundo* – 89 екземплярів

(3,80 % від загального числа зростаючих рослин), *Populus simonii* – 75 екземплярів (3,21 %), *Ailanthus altissima* – 44 екземпляри (1,88 %), *Populus alba* – 34 екземпляри (1,45 %) та *Thuja occidentalis* – 30 екземплярів (1,28 %). Рослини таких видів як *Betula pendula*, *Populus nigra*, *Ulmus laevis*, *Aesculus hippocastanum*, *Juglans regia*, *Acer platanoides*, *Fraxinus lanceolata*, *Picea abies*, *Picea pungens* та *Morus alba* представлені у кількості меншій 25 екземплярів.

Таблиця 3.11

Видовий склад насадження СЗЗ Титано-магнієвого комбінату

| Родина | Назва рослин | Число рослин шт./%, | Походження рослин |
|--------------------------------------|------------------------------------|---------------------|---|
| <i>Betulaceae</i> Gray | <i>Betula pendula</i> | 24/1,03 | Аб. |
| <i>Fabaceae</i> Lindl. | <i>Robinia pseudoacacia</i> | 578/24,70 | Північна Америка |
| <i>Vitaceae</i> Lindl. | <i>Parthenocissus quinquefolia</i> | 29/1,24 | Північна Америка |
| <i>Salicaceae</i> Lindl. | <i>Salix alba</i> | 1/0,04 | Аб. |
| | <i>Populus alba</i> | 34/1,45 | Сибір, Китай, Азія |
| | <i>Populus simonii</i> | 75/3,21 | Північний Китай |
| | <i>Populus nigra</i> | 20/0,85 | Аб. |
| <i>Ulmaceae</i> Mirb. | <i>Ulmus laevis</i> | 24/1,03 | Аб. |
| | <i>Ulmus carpinifolia</i> | 1314/56,15 | Західний Тянь-Шань |
| <i>Hippocastanaceae</i> Torr.et Grey | <i>Aesculus hippocastanum</i> | 10/0,43 | Горні ліси південно-Балканського півострову (Македонія) |
| <i>Juglandaceae</i> Lindl. | <i>Juglans regia</i> | 10/0,43 | Центральна Азія |
| <i>Cupressaceae</i> F. Neger | <i>Thuja orientalis</i> | 1/0,04 | Китай, Корея. |
| | <i>Thuja occidentalis</i> | 30/1,28 | Північна Америка |
| <i>Aceraceae</i> Lindl. | <i>Acer platanoides</i> | 8/0,34 | Аб. |
| | <i>Acer negundo</i> | 89/3,80 | Північна Америка |
| <i>Tiliaceae</i> Juss. | <i>Tilia cordata</i> | 3/0,13 | Аб. |
| <i>Oleaceae</i> Link. | <i>Fraxinus lanceolata</i> | 13/0,56 | Північна Америка |
| <i>Simarubaceae</i> Lindl. | <i>Ailanthus altissima</i> | 44/1,88 | Північний Китай |
| <i>Pinaceae</i> Link. | <i>Picea abies</i> | 11/0,47 | Аб. |
| | <i>Picea pungens</i> | 10/0,43 | Північна Америка |
| <i>Moraceae</i> Lindl. | <i>Morus alba</i> | 12/0,51 | Західний Китай |
| <i>Всього</i> | | 2340 | |

Примітка: чисельник – кількість дерев, шт.; знаменник – % від числа рослин даного виду.

Чисельність аборигенних видів – 3,89 %, інтродукованих – 96,11 % від загальної кількості видів деревних рослин у захисному насадженні. За кількісними показниками, домінуючими аборигенними породами в досліджуваній

зеленій лісосмузі Титано-магнієвого комбінату є *Ulmus laevis* (1,03 % від загальної кількості екземплярів), *Betula pendula* (1,03 %) та *Populus nigra* (0,85 %). Серед інтродукованих видів найбільшою кількістю екземплярів представлені такі як, *Ulmus carpinifolia* (56,15 %), *Robinia pseudoacacia* (24,70 %) (табл. 3.11).

За критерієм відношення до вологи (рис. 3.11) досліджувані деревні рослини розподілились так: найбільша група – мезоксерофіти – 61,14 % від загального числа рослин у насадженні (1413 шт). Найчисельнішими в цій групі є – *Ulmus carpinifolia*. Наступна за кількістю екземплярів група – ксерофіти – 27,43 % (634 шт.), репрезентована всього трьома видами – *Ailanthus altissima*, *Morus alba* та *Robinia pseudoacacia*. До мезогідрофітів належать *Populus alba*, *Populus nigra* та *Ulmus laevis* – 3,38 % від числа рослин, зростаючих в санітарно-захисному насадженні Титано-магнієвого комбінату, а до гідрофітів – *Salix alba* (1 шт.) Досить мала кількість у даній лісосмузі мезофітів – 2,42 %, головними представниками яких є *Aesculus hippocastanum*, *Betula pendula*, *Tilia cordata*, *Acer platanoides*, *Picea abies*. До ксеромезофітів належить 129 шт., 5,58 %, зростаючих в лісосмузі рослин (табл. 3.11).

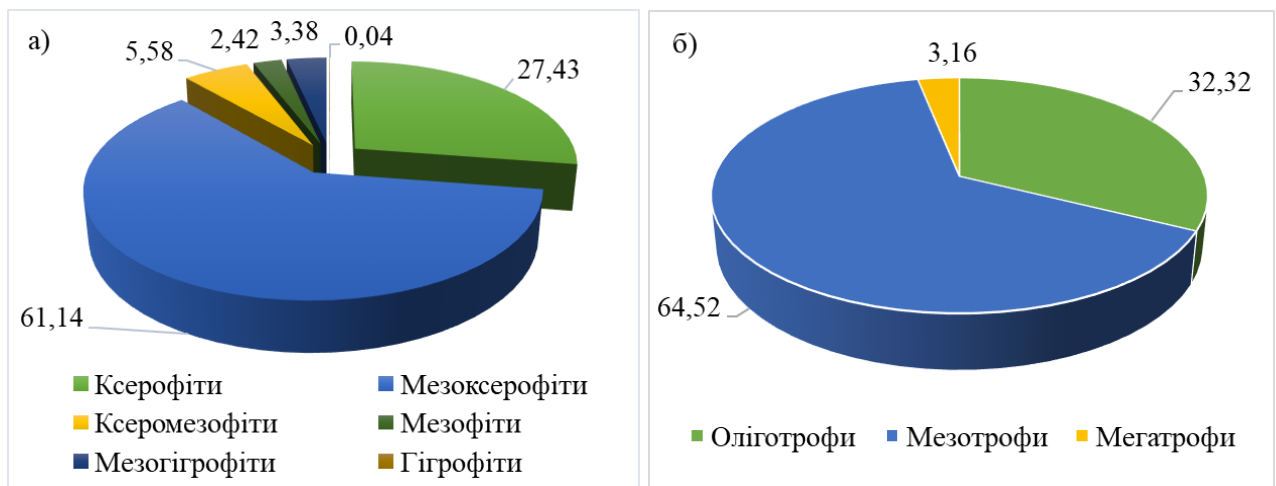


Рис. 3.11. Розподіл деревних рослин С33 Титано-магнієвого комбінату за відношенням до вологи (а) та живильності ґрунту (б), %

Отже, 94,15 % дерев С33 Титано-магнієвого комбінату за відношенням до вологи посухостійкі і відносно посухостійкі, що відповідає клімату місцевості.

За відношенням до вмісту поживних елементів у ґрунті (рис. 3.11) найчисельнішою є група мезотрофів (невибагливі) – 64,52 %. Другою за кількістю

рослин є група оліготрофів – 33,71 %. До групи мегатрофів відноситься найменше число рослин – 3,16 %.

Зелені насадження СЗЗ комбінату потребують реконструкції, необхідно видалити підріст самосіву на ділянках, де вони зростають хащами, відновити рядовість, зробивши відступи між деревами 3 м. Для збільшення листкової площі в насадженні можна рекомендувати висадку кущів у кількості, що не перевищує 220 екземплярів.

3.2 Аналіз подібності видового складу та різноманіття деревних насаджень СЗЗ промислових підприємств м. Запоріжжя

Біорізноманіття дендрофлори сприяє підвищенню ефективності та стійкості екосистем до несприятливих умов біотичної та абіотичної природи, комах-шкідників [401], грибкових захворювань [443], до посухи [412], хоча за даними [384], високе різноманіття деревних порід не обов'язково гарантує підвищену витривалість до цього чинника.

Для зростання екологічної стійкості деревних насаджень СЗЗ важливо сприяти більшому різноманіттю та багатству їх видового складу. У зв'язку з цим необхідно здійснювати дослідження різноманіття та багатства дендрофлори захисних лісосмуг конкретних промислових підприємств для подальшої розробки рекомендацій щодо їх реконструкції.

Дендрофлора в лісосмугах одинадцяти СЗЗ Запорізького промислового регіону представлена 49 видами деревних рослин (табл. 3.12), з них 5 – хвойні. Проте кількість видів рослин у захисних насадженнях різних підприємств суттєво відрізняється і варіює від 11 (Склофлюс) до 30 (Запоріжсталь) [485].

Найпоширеніші види, як вже відзначалося, – *Robinia pseudoacacia*, *Ailanthus altissima*, *Populus alba*, *Ulmus carpinifolia*, *Morus alba*, *Catalpa bignonioides*, *Betula pendula*, *Populus simonii*, *Populus nigra*. *Robinia pseudoacacia* – вид, який зростає в кожній санітарно-захисній лісосмузі.

Зустрічальність деревних рослин у СЗЗ підприємств м. Запоріжжя

| Назва рослин | Назви заводів | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| <i>Acer negundo</i> | + | | | + | + | + | | | + | + | + |
| <i>Acer platanoides</i> | + | + | | + | + | + | | | | + | + |
| <i>Acer pseudoplatanus</i> | | | + | | | | + | | + | | |
| <i>Acer saccharinum</i> | | | | | + | + | | | | + | |
| <i>Aesculus hippocastanum</i> | + | | | | + | + | + | | + | + | + |
| <i>Ailanthus altissima</i> | + | + | + | + | + | | + | + | + | + | + |
| <i>Armeniaca vulgaris</i> | | | | | + | + | | | + | + | |
| <i>Betula pendula</i> | + | + | | | + | | + | + | + | + | + |
| <i>C. bignonioides</i> | | + | | + | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>Cornus mas</i> | | | | | | + | | | + | + | |
| <i>Cotinus coggygria</i> | | | | | | | | | | + | |
| <i>Daphne mezereum</i> | | | + | + | | + | + | + | + | | |
| <i>Elaeagnus angustifolia</i> | | + | | + | | + | | + | + | | + |
| <i>Forsythia suspensa</i> | | | | | + | | | | | | |
| <i>Fraxinus lanceolata</i> | + | | | + | | | + | + | + | + | + |
| <i>Hibiscus syriacus</i> | | | | + | | | | | | | |
| <i>Juglans regia</i> | + | | | + | + | + | | | | + | + |
| <i>Juniperus sabina</i> | | | | + | | | + | | | | + |
| <i>Malus domestica</i> | | | | + | | | | + | | | |
| <i>Malus silvestris</i> | | | | | | | | | + | + | |
| <i>Morus alba</i> | + | + | + | + | + | + | + | + | + | | + |
| <i>Picea abies</i> | + | | | | + | + | | | + | + | + |
| <i>Picea pungens</i> | + | | | | + | + | + | | + | | + |
| <i>Pinus sylvestris</i> | | | | | | | | | | + | |
| <i>Platanus acerifolia</i> | | | | | + | | + | | | + | + |
| <i>Populus alba</i> | + | + | + | + | + | + | + | + | + | | + |
| <i>Populus balsamifera</i> | | | | | | | | | + | | |
| <i>Populus nigra</i> | + | | | + | + | + | + | | + | + | + |
| <i>Populus pyramidalis</i> | | | | + | | | | | | + | |
| <i>Populus simonii</i> | + | + | + | + | + | | + | | + | | + |
| <i>Prenus tomentosa</i> | | | | + | | | | | + | | |
| <i>Pyrus communis</i> | | | + | + | + | + | | | + | | |
| <i>Quercus robur</i> | | + | | | | | + | | | + | |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>Rosa canina</i> | | | | + | | | | | + | | + |
| <i>Salix alba</i> | + | | | + | + | | + | + | | | + |
| <i>Sambucus nigra</i> | | | | | | | | | + | | |
| <i>Sophora japonica</i> | | | | | | | | | | + | |
| <i>Sorbus aucuparia</i> | | | | | | | + | | | + | |
| <i>Spiraea vanhouttei</i> | | | | | + | + | | | + | + | |
| <i>Symphoricarpos albus</i> | | | | + | | | | | | | |
| <i>Syringa vulgaris</i> | | | | + | | | + | | | | |
| <i>Thuja occidentalis</i> | + | | | | + | | + | | + | | |
| <i>Thuja orientalis</i> | + | | | + | | | + | | + | + | |
| <i>Tilia cordata</i> | + | | | + | + | | + | | + | + | + |
| <i>Ulmus laevis</i> | + | + | + | + | + | | + | | | | |
| <i>Ulmus carpinifolia</i> | + | | + | + | + | + | + | + | + | | + |
| <i>Ulmus parvifolia</i> | | + | + | | | | | + | | + | |
| <i>Ulmus glabra</i> | | | | | | | | | + | | |

Примітка: назва заводів: 1 – Титано-магнієвий комбінат; 2 – Кокс; 3 – Склофлюс; 4 – Укрграфіт; 5 – Дніпроспецсталь; 6 – Абразивний комбінат; 7 – Алюмінієвий комбінат; 8 – феросплавний завод; 9 – Запоріжсталь; 10 – Трансформаторний завод; 11 – Вогнетрив; «+» – присутність виду, «-» – відсутність виду.

Менша зустрічальність відмічена для таких рослин як *Acer platanoides*, *Acer negundo*, *Tilia cordata*, *Aesculus hippocastanum* та *Fraxinus lanceolata*. Такі види дерев, як *Cotinus coggygria*, *Pinus sylvestris*, *Sophora japonica* виявлені лише в захисній лісосмузі Трансформаторного заводу, *Populus balsamifera*, *Sambucus nigra* – Запоріжсталь, *Hibiscus syriacus*, *Symphoricarpos albus* – Укрграфіт та *Forsythia suspensa* – Дніпроспецсталь. Видове різноманіття дендрофлори санітарно-захисних лісосмуг підприємств різниться. Слід зазначити, що кількість видів на дослідних ділянках за останні 5 років не змінилася.

Щоб оцінити подібність видового складу насаджень, нами використані індекси Жаккара та Серенсена, результати розрахунків яких наведені в таблиці 3.13 та 3.14.

Таблиця 3.13

Індекс подібності видового складу деревних насаджень СЗЗ промислових підприємств м. Запоріжжя за Жаккаром

| Назви заводів | Назви заводів | | | | | | | | | | |
|---------------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1 | – | 0,33 | 0,29 | 0,47 | 0,67 | 0,39 | 0,57 | 0,32 | 0,47 | 0,35 | 0,68 |
| 2 | 0,33 | – | 0,44 | 0,30 | 0,32 | 0,24 | 0,33 | 0,47 | 0,23 | 0,19 | 0,36 |
| 3 | 0,29 | 0,44 | – | 0,31 | 0,29 | 0,25 | 0,35 | 0,41 | 0,28 | 0,09 | 0,22 |
| 4 | 0,47 | 0,30 | 0,31 | – | 0,41 | 0,35 | 0,46 | 0,38 | 0,42 | 0,26 | 0,53 |
| 5 | 0,67 | 0,32 | 0,29 | 0,41 | – | 0,57 | 0,48 | 0,27 | 0,48 | 0,42 | 0,62 |
| 6 | 0,39 | 0,24 | 0,25 | 0,35 | 0,57 | – | 0,26 | 0,28 | 0,48 | 0,36 | 0,46 |
| 7 | 0,57 | 0,33 | 0,35 | 0,46 | 0,48 | 0,26 | – | 0,37 | 0,45 | 0,32 | 0,53 |
| 8 | 0,32 | 0,47 | 0,41 | 0,38 | 0,27 | 0,28 | 0,37 | – | 0,30 | 0,18 | 0,40 |
| 9 | 0,47 | 0,23 | 0,28 | 0,42 | 0,48 | 0,48 | 0,45 | 0,30 | – | 0,36 | 0,48 |
| 10 | 0,35 | 0,19 | 0,09 | 0,26 | 0,42 | 0,36 | 0,32 | 0,18 | 0,36 | – | 0,37 |
| 11 | 0,68 | 0,36 | 0,22 | 0,53 | 0,62 | 0,46 | 0,53 | 0,40 | 0,48 | 0,37 | – |

Примітка: позначення назв заводів як на табл. 3.12.

Найвищі коефіцієнти подібності видового складу відмічено між деревостаном СЗЗ Титано-магнієвого комбінату та заводу Вогнетрив – 0,68 та 0,81 за Жаккаром і Серенсеном відповідно. Отриманий результат не випадковий, так як санітарно-захисні лісосмуги були створені в близьких часових межах (60-ті роки ХХ ст.) і розташовані поруч. Високий ступінь подібності дендрофлори встановлено для насаджень захисних зон Титано-магнієвого комбінату та заводу Дніпроспецсталь – 0,67 та 0,80, й дещо менший для останнього та Вогнетрив –

0,62 й 0,77 за індексами Жаккара і Серенсена. Значні величини коефіцієнтів подібності отримано при порівнянні дендрофлори СЗЗ Титано-магнієвого та Алюмінієвого комбінатів, а також заводів Вогнетрив, Укрграфіт та Алюмінієвий комбінат.

Таблиця 3.14

Індекс подібності видового складу деревних насаджень СЗЗ промислового регіону м. Запоріжжя за Серенсеном

| Назви заводів | Назви заводів | | | | | | | | | | |
|---------------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1 | – | 0,50 | 0,45 | 0,64 | 0,80 | 0,56 | 0,73 | 0,48 | 0,64 | 0,52 | 0,81 |
| 2 | 0,50 | – | 0,61 | 0,46 | 0,49 | 0,38 | 0,50 | 0,64 | 0,38 | 0,32 | 0,53 |
| 3 | 0,45 | 0,61 | – | 0,47 | 0,44 | 0,40 | 0,51 | 0,58 | 0,43 | 0,16 | 0,36 |
| 4 | 0,64 | 0,46 | 0,47 | – | 0,58 | 0,52 | 0,63 | 0,55 | 0,59 | 0,42 | 0,69 |
| 5 | 0,80 | 0,49 | 0,44 | 0,58 | – | 0,72 | 0,65 | 0,42 | 0,65 | 0,59 | 0,77 |
| 6 | 0,56 | 0,38 | 0,40 | 0,52 | 0,72 | – | 0,41 | 0,43 | 0,65 | 0,53 | 0,63 |
| 7 | 0,73 | 0,50 | 0,51 | 0,63 | 0,65 | 0,41 | – | 0,54 | 0,62 | 0,48 | 0,70 |
| 8 | 0,48 | 0,64 | 0,58 | 0,55 | 0,42 | 0,43 | 0,54 | – | 0,46 | 0,31 | 0,64 |
| 9 | 0,64 | 0,38 | 0,43 | 0,59 | 0,65 | 0,65 | 0,62 | 0,46 | – | 0,53 | 0,65 |
| 10 | 0,52 | 0,32 | 0,16 | 0,42 | 0,59 | 0,53 | 0,48 | 0,31 | 0,53 | – | 0,54 |
| 11 | 0,81 | 0,53 | 0,36 | 0,69 | 0,77 | 0,63 | 0,70 | 0,57 | 0,65 | 0,54 | – |

Примітка: позначення назв заводів як на табл. 3.12.

Найменша ступінь подібності видового складу рослин виявлена між насадженнями СЗЗ таких заводів як Склофлюс та Трансформаторний завод, а також Феросплавний та Трансформаторний. Останній територіально відокремлений від комплексу металургійних об'єктів і відноситься до (IV) класу шкідливості. Внаслідок цього негативний вплив промислових поллютантів на рослини значно менший, тому їх добирали не тільки з урахуванням стійкості, але й декоративних якостей. Важливу роль у збільшенні асортименту саме в СЗЗ цього заводу відіграла і адміністрація, яка в свій час приділила велику увагу оптимізації насаджень.

Отже, порівняння видового складу лісосмуг СЗЗ підприємств м. Запоріжжя показує, що індекс подібності варіює в широкому діапазоні, як за Жаккаром (від 0,09 – 0,67), так і за Серенсеном – (від 0,16 до 0,81). І хоча величини, розраховані за Серенсеном дещо більші, ступінь варіювання показників, обчислених двома методами, близький. Але ці граничні значення індексів і близькі до них

зустрічаються рідко, переважна більшість з них знаходиться в середньому діапазоні.

Характерно, що в урбанізованих екосистемах Санкт-Петербургу індекси подібності за Жаккаром для насаджень різних парків змінюються від 0,30 до 0,70 [154], тобто мінімальний показник значно вищий, ніж розрахований нами, що свідчить про більш низький ступінь подібності дендрофлори деяких обстежених захисних лісосмуг заводів.

Для оцінки видового різноманіття дендрофлори в СЗЗ Запорізького промислового регіону нами розраховані індекси різноманіття та домінування. Слід зазначити, що показники чисельності рослин деяких видів дерев за роки досліджень (2014 – 2018) дещо змінилися, як за рахунок відпаду, так і підсадження нових.

Оцінка видового багатства деревних рослин у досліджуваних СЗЗ за індексом Маргалефа наведена в таблиці 3.15. Деревостани захисних лісосмуг підприємств Укрграфіт та Запоріжсталь мають найбільші його значення – 3,68 та 3,56, відповідно в цих СЗЗ найвище видове багатство. В захисних насадженнях Алюмінієвого комбінату, Трансформаторного заводу та Дніпроспецсталь теж визначені високі значення індексу видового багатства, хоча вони менші ніж для лісосмуги підприємства Укрграфіт. Найнижчий показник видового багатства за індексом Маргалефа в зелених насадженнях захисної зони підприємства Склофлюс (1,49). Це найменша СЗЗ в промисловому регіоні, а отже деревостан низької чисельності, в якому переважають рослини родини *Ulmaceae*. Мінімальні значення видового багатства виявлені також в захисних лісосмугах заводів Коксохімічного (1,60) та Феросплавів (1,70). Отже, індекси видового багатства насаджень досліджуваних СЗЗ одинадцяти промислових підприємств змінюється від 1,49 (Склофлюс) до 3,68 (Укрграфіт). Характерно, що для парків Санкт-Петербурга величини індексу Маргалефа значно більші, мінімальна – 2,52, максимальна – 5,92 [154].

Індекс видового багатства, запропонований Шенноном, розраховують для порівняння угруповань з небагатьма видами. Для вивчення видового багатства як

штучних так і природних біоценозів цей індекс використовується досить часто [349, 391, 441]. Оцінка видового багатства в захисних лісосмугах промислових підприємств м. Запоріжжя за Шенноном свідчить, що отримані результати дещо різняться від тих, що визначені за Маргалєфом. За першим – найвище значення індексу має захисне деревне насадження Трансформаторного заводу, а за Маргалєфом підприємство Укрграфіт.

Таблиця 3.15

Індекси видового різноманіття дендрофлори СЗЗ підприємств

| Підприємство | Індекси видового багатства та різноманіття біоценозів | | Індекси домінування | |
|---------------------------|---|---------|---------------------|----------|
| | Маргалєфа | Шеннона | Бергера – Паркера | Сімпсона |
| Титано-магнієвий комбінат | 2,453 | 0,617 | 0,569 | 0,390 |
| Кокс | 1,599 | 0,809 | 0,286 | 0,181 |
| Склофлюс | 1,490 | 0,462 | 0,686 | 0,507 |
| Укрграфіт | 3,697 | 0,957 | 0,322 | 0,163 |
| Дніпроспецсталь | 3,145 | 0,800 | 0,378 | 0,251 |
| Абразивний комбінат | 2,138 | 0,472 | 0,713 | 0,529 |
| Алюмінієвий комбінат | 3,289 | 0,870 | 0,331 | 0,223 |
| Завод феросплавів | 1,696 | 0,432 | 0,533 | 0,449 |
| Запоріжсталь | 3,563 | 0,707 | 0,382 | 0,271 |
| Трансформаторний завод | 3,37 | 1,181 | 0,159 | 0,084 |
| Завод Вогнетрив | 2,651 | 0,797 | 0,276 | 0,209 |

Найнижчий показник видового багатства, як і за індексом Маргалєфа, визначений для дендрофлори СЗЗ заводу Склофлюс (0,46). Деякі відмінності в оцінці видового багатства СЗЗ за Шенноном і Маргалєфом, пояснюється певними особливостями у сенсі понять, розрахованих за цими авторами індексів. Індекс різноманіття Маргалєфа (d_{mg}) характеризує видове багатство чи щільність видів і виражає відношення їх числа до займаної площі або числа видів до загальної кількості особин [431]. Чим більше видів, тим вище значення цього індексу. Зростання числа особин при незмінному числі видів веде до його зниження. Індекс Шеннона [472] дає уявлення відразу про обидва аспекти різноманіття: кількість видів і рівномірність їх кількісної представленості, і тому слугує інтегральною оцінкою стану ценозу та біоценозу в цілому (його складності, організованості, стійкості). Він може бути розрахований як за окремими видами, так і за таксонами надвидового рангу або іншими елементами різноманіття. В

цілому, отримані результати свідчать про невелике видове багатство переважної більшості санітарно-захисних лісосмуг. Для порівняння розглянемо дані, наведені в ряді літературних джерел. Так, у приміському та міському лісах в південно-східних регіонах США індекс видового багатства за Шенноном становить 2,3 та 3,2 відповідно. Багатство дендрофлори в урбаногенних лісах пояснюється більшою кількістю немісцевих, інвазійних видів дерев [349]. Для рослинності вторинного лісу в Барангаї Каміас (на Філіпінах) індекс за Шенноном становить 2,28 [430], лісів північно-центральної частині Західної Вірджинії – від 1,68 до 2,40 [353].

У лісах Харківської області індекс багатства дендрофлори за Шенноном варіює від 1,4 до 2,7 [55], в різних парках Санкт-Петербурга – від 1,9 до 2,62 [154], в деревних насадженнях ландшафтних районів Павловського парку м. Санкт-Петербург – від 2,41 до 3,73 (156), парках Запоріжжя – від 3,76 до 4,21 [326]. Величини індексів відображують значно більше видове різноманіття деревостанів як природних лісових, так і паркових фітоценозів, порівняно з отриманими нами значеннями для лісосмуг СЗЗ підприємств, хоча індекс видового багатства за Шенноном в урбанізованих парках Бангалори (Індія) низький і змінюється від 0,9 до 1,1 [441].

Індекс Бергера-Паркера – один із показників міри домінування. Він виражає відносну значимість найбільш чисельного виду. При підрахунку індексу домінування за цим автором враховується тільки частка виду-домінанта [148]. Його значення наведені в табл. 3.15. Висока величина індексу означає, що в деревних насадженнях домінує один вид, і потрібно провести заходи зі збагачення видового складу. Це особливо стосується лісосмуг таких заводів як Абразивний, Склофлюс, Феросплавів і Титано-магнієвий.

Оцінка домінування деревних рослин в захисних насадженнях за індексом Сімпсона, показує, що результати подібні до таких, які були отримані при розрахунках індексів за Бергером-Паркером. Для СЗЗ чотирьох заводів – Абразивного, Склофлюс, Феросплавного та Титано-магнієвого їх значення найвищі. Отже, за показниками, що були визначені різними методами,

деревоостани більшості СЗЗ мають низьке видове різноманіття і високе домінування одного виду деревних рослин. В СЗЗ підприємств Склофлюс та Феросплавний домінантним видом є *Ulmus parvifolia*, чисельність якого становить 68,61 та 53,34 % відповідно від загальної кількості рослин лісосмуг [485], у захисних насадженнях Титано-магнієвого комбінату домінує *Ulmus carpinifolia* – 56,15 %, а Абразивного комбінату – *Daphne mezereum* – 70,75 % від числа зростаючих рослин. Як видно з табл. 3.15, достатньо високі індекси домінування виявлені також у деревних насадженнях СЗЗ Запоріжсталь, Дніпроспецсталь та Алюмінієвий комбінат. Найменші значення цього показника як за Сімпсоном, так і Бергером-Паркером встановлено для лісосмуги Трансформаторного заводу – 0,084, та 0,159 відповідно. Слід зазначити, що обидва індекси приймають тим менше чисельне значення, чим більш вирівняна структура домінування, тобто, чим ближчі оцінки чисельності для всіх видів. Індекси домінування за Сімпсоном досліджували в різних екосистемах [430]. Для природніх лісів Харківської області він змінився в межах – 0,15 – 0,37 [55]. Порівнюючи ці дані з отриманими нами значеннями, можна констатувати, що для захисних лісосмуг чотирьох підприємств цей показник значно більший. Для місцевих парків Санкт-Петербургу він варіює від 0,09 до 0,15 [155], що свідчить про значно меншу ступінь домінування, ніж в дендронасадженнях захисних зон.

Таким чином, обстежені санітарно-захисні лісосмуги одинадцяти промислових підприємств відносяться до конструкцій фільтруючого типу, що відповідає нормам. Площа, яку займають зелені насадження відповідає нормам. Але вони потребують реконструкції через поганий стан великої кількості рослин, що пов'язано зі значним віком та негативним впливом на життєдіяльність промислових емісій. Необхідно висадити нові, стійкі до поллютантів деревні породи, здійснити омолоджувальну обрізку, видалити сухостій. На ділянках, які заповнені самосівом, необхідно провести проріджування, щоб щільність деревоостану наблизити до норми. Дуже щільний деревоостан в цих місцях порушує нормативні вимоги до конструкцій зелених насаджень в СЗЗ. В кожній СЗЗ потрібно висадити чагарники в кількості, яка буде не більшою за 5 – 10 % від

числа дерев. Це збільшить листову площу зелених масивів. Рекомендується висаджувати стійкі до токсичних сполук породи: *Juniperus communis*, *Evonymus europaea*, *Ligustrum vulgare*, *Cornus alba*, *Rosa canina*.

Для санітарно-захисного насадження Абразивного підприємства провідними породами є *Daphne mezereum* та *Robinia pseudoacacia*, а для підприємства Укрграфіт – *Ulmus carpinifolia*, *Robinia pseudoacacia* та *Morus alba*. В зелених насадженнях заводу Дніпроспецсталь, Алюмінієвий та Титано-магнієвий основними зростаючими рослинами є *Robinia pseudoacacia* та *Ulmus carpinifolia*. Головними видами дерев в лісосмузі СЗЗ заводів Коксохімічного та Вогнетрив є *Acer negundo*, *Robinia pseudoacacia* та *Ulmus carpinifolia*. Слід зазначити, що така велика кількість в цих захисних зонах *Acer negundo* є наслідком його самовідновлення. Для деревостану лісосмуги Склофлюс головними породами є *Ulmus parvifolia* та *Ailanthus altissima*, для лісосмуги Коксохімічного підприємства – *Ulmus carpinifolia* та *Ailanthus altissima*, Феросплавного заводу – *Ulmus parvifolia* та *Robinia pseudoacacia*.

Найпоширеніші види дерев у зелених насадженнях – *Robinia pseudoacacia*, *Ailanthus altissima*, *Populus alba*, *Ulmus carpinifolia*, *Morus alba*, *Catalpa bignonioides*, *Betula pendula*, *Populus simonii*, *Populus nigra*, *Acer negundo*. З них лише *Betula pendula* та *Populus nigra* належить до аборигенних видів. *Robinia pseudoacacia* – вид, який зустрічається в кожній санітарно-захисній лісосмузі. Деякі автори, такі як В. П. Бессонова та О. А. Пономарьова (2016) [41] у своїх роботах вказували на те, що насадження робінії в південних районах України посідають перше місце і виконують захисні, середовищеочищувальні функції та характеризуються високим рівнем життєвості. Менша зустрічальність відмічена для таких рослин як *Acer platanoides*, *Tilia cordata* (аборигенні види) та *Aesculus hippocastanum*, *Fraxinus lanceolata* (інтродуковані). Такі види, як *Cotinus coggygia*, *Pinus sylvestris*, *Sophora japonica* виявлені лише в захисній лісосмузі Трансформаторного заводу, серед них тільки останній вид відноситься до інтродукованих. Такі рослини як *Populus balsamifera* і *Sambucus nigra* зростають

лише в захисному насадженні підприємства Запоріжсталь, *Hibiscus syriacus*, *Symphoricarpos albus* – Укрграфіт, а *Forsythia suspensa* – Дніпроспецсталь.

За кількісними показниками, домінуючими аборигенними видами в досліджуваних 11 зелених лісосмуг підприємств є *Daphne mezereum* (14,87 % від загальної кількості екземплярів деревних рослин досліджуваних зелених зон підприємств), *Acer platanoides* (1,40 %), *Tilia cordata*, (1,40 %), *Ulmus laevis* (1,04 %), *Betula pendula* (0,92 %). Серед інтродукованих видів найбільшою кількістю екземплярів представлені такі як, *Robinia pseudoacacia* (21,78 %), *Ulmus carpinifolia* (20,31 %), *Acer negundo* (11,95 %), *Ulmus parvifolia* (6,93), *Populus alba* (3,62 %), *Ailanthus altissima* (3,05 %) (Додаток А. табл. А.1).

За даними В. П. Бессонової та О. А. Пономарьової (2016), [41] високим рівнем життєвості в посушливих умовах зростання характеризується *Ulmus parvifolia*, *Armeniaca vulgaris* та *Morus alba*. Але частка останніх двох у санітарно-захисних лісосмугах промислових підприємств м. Запоріжжя незначна (0,05 та 1,02 % відповідно). У досліджуваних насадженнях СЗЗ такі види як *Pyrus communis*, *Sambucus nigra*, *Hibiscus syriacus*, *Rosa canina*, *Forsythia suspense*, *Populus balsamifera*, *Syringa vulgaris*, *Prenus tomentosa* зростають у кількості меншій ніж 10 екземплярів.

За відношенням до вологи та живильності ґрунту всі досліджувані зелені насадження СЗЗ відповідають умовам зростання за винятком трансформаторного заводу. Асортимент, згідно кліматичних умов підібрано правильно.

Кількість інтродукованих видів у зелених зонах СЗЗ досліджуваного промислового комплексу більша – 57,14 %, ніж аборигенів, за чисельністю екземплярів вони також переважають – 77,08 %.

Частка інтродукованих видів у зелених зонах різних підприємств Запорізького регіону, варіює в діапазоні – 57,7 % – 69,2 % від загальної кількості видів. Найбільше число їх в санітарно-захисних насадженнях Феросплавного заводу та Дніпроспецсталь – 69,2 та 68,0 % відповідно. В захисних лісосмугах Алюмінієвого комбінату та Коксохімічного заводу однаковий відсоток, інтродуцентрів – 58,3 %. У насадженні СЗЗ Трансформаторного заводу частка їх

складає 57,7 %. Майже однакова їх кількість і в СЗЗ таких заводів як, Титано-магнієвий (65,0 % від числа видів), Склофлюс (63,6 %), Абразивний (63,1 %) та Укрграфіт (63,0 %) [280].

Але чисельність інтродукованих рослин у зелених зонах підприємств значно різниться. Найменша їх кількість зростає в захисній смузі Абразивного комбінату – 27,0 % від всіх врахованих деревних рослин на даному підприємстві. Також порівняно низька частка рослин, батьківщиною яких є інші географічні зони, виявлена в санітарно-захисних насадженнях Трансформаторного підприємства – 45,6 %. Найвища її представленість у зелених зонах таких підприємств як Феросплавний (99,2 %), Склофлюс (97,7 %), Запоріжсталь (97,5 %), Титано-магнієвий (96,1 %), Дніпроспецсталь (95,0 %) та Вогнетрив (93,2%). В захисних лісосмугах Алюмінієвого комбінату (83,2 %), заводів Коксохімічного (83,0 %) та Укрграфіт (84,1 %) число інтродуцентів майже однакове та дещо менше, ніж у вказаних вище лісосмугах.

Найбільша кількість видів родом з Центральної та Західної Азії – 53,57 % від загального їх числа. Батьківщиною таких рослин як *Acer negundo*, *Acer saccharinum*, *Catalpa bignonioides*, *Fraxinus lanceolata*, *Picea pungens*, *Populus balsamifera*, *Robinia pseudoacacia*, *Symphoricarpos albus*, *Thuja occidentalis* є Північна Америка. Лише одним видом представлені рослини з Франції та Англії: *Spiraea vanhouttei* *Platanus acerifolia* відповідно, та двома видами з Балканських півостровів – *Aesculus hippocastanum* та *Syringa vulgaris*.

Отже, інтродукованих видів деревних рослин у захисних насадженнях підприємств міста Запоріжжя більше половини, за кількістю екземплярів вони значно переважають число аборигенних рослин. Найчисельнішими є такі види як *Robinia pseudoacacia*, *Ulmus carpiniifolia*, *Acer negundo*, *Ulmus parvifolia*, *Populus alba*, *Ailanthus altissima*.

В санітарно-захисних насадженнях промислових підприємств міста Запоріжжя визначено 49 видів деревних рослин. 10 видів деревних рослин присутні у всіх СЗЗ, інші – виявлені тільки в деяких з них. Кількість видів рослин у захисних насадженнях різних підприємств суттєво відрізняється і варіює від 11

(Склофлюс) до 30 видів (Запоріжсталь). Деякі види зростають лише в одній із СЗЗ підприємств. *Robinia pseudoacacia* – вид, який зустрічається в кожному обстеженому насадженні. Порівняння дендрофлори захисних лісосмуг свідчить, що індекси подібності варіюють у широкому діапазоні, як за Жаккаром (від 0,09 – 0,67), так і за Серенсоном – (від 0,16 до 0,81). Найменший ступінь подібності виявлений між дендрофлорою захисних насаджень Трансформаторного заводу та Склофлюс. Висока ступінь подібності дендрофлори санітарно-захисних лісосмуг підприємств обумовлена тим, що вони створювалися в близьких часових межах (60-ті роки) і малим асортиментом рослин на той час.

При оцінці видового багатства за Маргалефом і Шенноном отримали близькі результати. Найбільші значення індексів виявлені для ряду СЗЗ таких підприємств як Укрграфіт, Трансформаторний, Запоріжсталь та Алюмінієвий, найнижчий для насадження – Склофлюс. Певні відмінності у порядку розташування досліджуваних захисних лісосмуг за величиною індексу видового багатства за Шенноном та Маргалефом пов'язані з особливостями їх розрахування. Найбільші значення індексу домінування видів деревних рослин як за Сімпсоном, так і за Бергером-Паркером визначено в насадженнях СЗЗ абразивного комбінату, Склофлюс, заводу Феросплавів, найменші – в лісосмузі заводів Укрграфіт та Трансформаторний.

Переважно більшість лісосмуг СЗЗ промислових підприємств м. Запоріжжя потребує збагачення видового складу деревних рослин, його урізноманітнення з урахуванням стійкості видів до повітряних поллютантів. Зелені насадження захисних зон, особливо таких підприємств як Абразивний, Склофлюс, Феросплавів та Коксохімічний характеризуються високими індексами домінування та низьким різноманіттям. Поповнюючи насадження новими породами дерев, необхідно враховувати їх здатність оптимізувати вихідні параметри екосистеми з підтриманням на високому рівні морфофізіологічних показників рослин за дії конкретних типів забруднення в залежності від класу шкідливості підприємств.

Висновки до розділу

1. У санітарно-захисних насадженнях промислових підприємств міста Запоріжжя визначено 49 видів деревних рослин. Їх кількість у лісосмугах СЗЗ різних підприємств суттєво відрізняється і варіює від 11 (Склофлюс) до 30 (Запоріжсталь). Всі обстежені насадження СЗЗ відносяться до конструкцій фільтруючого типу. Площа, яку вони займають відповідає нормам.

2. У досліджуваних СЗЗ щільність насаджень варіює від 126 шт/га до 208 шт/га, що нижче норми. Найменший цей показник для захисних лісосмуг підприємств Склофлюс, Феросплавів та Вогнетрив, а найвищий – заводу Укрграфіт.

3. У кожній СЗЗ потрібно висадити чагарники в кількості, яка не перевищуватиме 10 % від числа дерев. Це збільшить листову площу зелених масивів. Рекомендується такі рослини до висадки: *Juniperus communis*, *Evonymus europaea*, *Ligustrum vulgare*, *Cornus alba*, *Rosa canina*.

4. У зелених насадження СЗЗ підприємств Запоріжсталь, Вогнетрив, Титано-магнієвий, Дніпроспецсталь значні площі займає підріст заввишки від 4 до 6 м таких деревних порід, як *Acer negundo*, *Ulmus carpinifolia*, *Robinia pseudoacacia*, *Ailanthus altissima*, який утворює щільні хащі, що заважає нормальній фільтрації повітря. Необхідно видалити більшу частину цих рослин, залишивши відстань між ними близько 3 м, формуючи ряди.

4. У захисних лісосмугах більшості підприємств переважають інтродуковані рослини. Найбільша їх представленість у зелених зонах заводів Феросплавний (99,2 %), Склофлюс (97,7 %), Запоріжсталь (97,5 %), Титано-магнієвий (96,1 %), Дніпроспецсталь (95,0 %), Вогнетрив (93,2%), а найменша – у насадженнях Абразивного (27,0 %) та Трансформаторного (45,6 %).

5. Найпоширеніші види дерев у насадженнях СЗЗ – *Robinia pseudoacacia*, *Ailanthus altissima*, *Populus alba*, *Ulmus carpinifolia*, *Morus alba*, *Catalpa bignonioides*, *Betula pendula*, *Populus simonii*, *Populus nigra*, *Acer negundo*. З них

лише *Betula pendula* та *Populus nigra* належить до аборигенних видів. *Robinia pseudoacacia* – вид, який зустрічається в кожній захисній лісосмузі.

6. Найменший ступінь подібності дендрофлори за Жаккаром і Серенсеном виявлений для зелених лісосмуг СЗЗ заводів Трансформаторний та Склофлюс. Висока ступінь подібності видового складу характерна для захисних насаджень підприємств Титано-магнієвого та Вогнетриву, а також Титано-магнієвого та Дніпроспецсталь. Це обумовлено тим, що вони створювалися в близьких часових межах (60-ті роки ХХ-ст.).

7. Найбільші значення індексів видового багатства за Маргалєфом і Шенноном виявлені для насаджень СЗЗ таких підприємств як Укрграфіт, Трансформаторний, Запоріжсталь та Алюмінієвий, найменші – для зеленої зони заводу Склофлюс. Найвищі показники індексу домінування видів деревних рослин як за Сімпсоном, так і за Бергером-Паркером визначено у захисних лісосмугах заводів Абразивного, Склофлюс, Феросплавів, найнижчі – Укрграфіт та Трансформаторний.

Перелік посилань за матеріалами третього розділу: [41, 55, 120, 148, 151, 154, 155, 254, 276, 277, 278, 280, 281, 282, 288, 289, 290, 326, 349, 353, 384, 391, 401, 412, 430, 431, 441, 443, 472, 485].

РОЗДІЛ 4

ТАКСАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН СЗЗ РІЗНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Таксаційна характеристика – необхідний елемент вивчення деревних насаджень, адже вона проводиться з метою виявлення та опису деревостану за біологічними, санітарно-гігієнічним параметрами, які використовуються в розробці заходів щодо архітектурного планування території, догляду за насадженнями і поліпшення сформованих ландшафтів. Нормативи динаміки основних таксаційних показників деревостанів – один із головних складників раціональної системи обліку деревостанів [218]. Таксаційний показник висоти, як функція віку, вважається найдосконалішою основою для класифікації насаджень за їх продуктивністю [323].

Істотні особливості вікової динаміки таксаційних показників дерев та об'ємно-просторових характеристик насаджень обумовлені відмінностями в структурі посадок, екологічними умовами зростання. Це особливо необхідно враховувати при впливі на рослини аеротехногенних забруднювачів.

Таксаційні параметри є головними показниками запасу фітомаси і приросту як окремих дерев, так і цілих насаджень. Вони можуть свідчити і про сприятливі, і несприятливі умови росту. Таксаційні показники дуже важливі при реконструкції насаджень. Параметри їх структури закладаються на стадії проекту, де необхідно враховувати особливості формування стовбура і крони дерев. У зв'язку з віковими змінами деревних рослин в процесі реконструкції необхідно передбачати таке їх поєднання і взаємне розташування в момент посадки, які враховували б ці показники і відповідали б художньому задуму в зрілому віці [294].

У зв'язку з вищевказаним виникає необхідність у дослідженні таксаційних показників деревних рослин СЗЗ промислових підприємств.

4.1 Розподіл дерев СЗЗ підприємств промислового району м. Запоріжжя за висотами

Результати розподілу дерев за розрядами висот у зеленому насадженні СЗЗ Коксохімічного заводу наведені у табл. 4.1. Найбільшою є група рослин, висота яких коливається від 8,1–10,0 м (33,30 % від загальної кількості екземплярів) та 10,1–12,0 м (32,58 % від числа деревних рослин, які зростають на території).

Таблиця 4.1

Розподіл дерев за розрядами висот у СЗЗ Коксохімічного підприємства

| Назва рослин | Висота, м | | | | | | |
|---------------------------------------|-----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| | до 4,0 | 4,1–6,0 | 6,1–8,0 | 8,1–10,0 | 10,1–12,0 | 12,1–14,0 | 14,1–16,0 |
| <i>Acer platanoides</i> | | | 4/80 | 1/20 | | | |
| <i>Ailanthus altissima</i> | 12/6,74 | 15/8,42 | 21/11,80 | 88/49,44 | 37/20,79 | 4/2,25 | 1/0,56 |
| <i>Betula pendula</i> | | | | 21/45,65 | 25/54,35 | | |
| <i>Catalpa bignonioides</i> | 11/7,91 | 26/18,71 | 12/8,63 | 33/23,74 | 34/24,46 | 23/16,55 | |
| <i>Elaeagnus angustifolia</i> | | | | | 1/100 | | |
| <i>Morus alba</i> | 1/2,56 | 3/7,69 | 12/30,77 | 17/43,59 | 6/15,39 | | |
| <i>Populus alba</i> | | | | | 1/12,5 | 7/87,5 | |
| <i>Populus balsamifera</i> | | | | | 2/100 | | |
| <i>Quercus robur</i> | | 1/100 | | | | | |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | 2/1,22 | 12/7,32 | 4/2,44 | 36/21,95 | 86/52,44 | 21/12,80 | 3/1,83 |
| <i>Ulmus laevis</i> | 6/5,45 | 18/16,37 | 32/29,09 | 51/46,36 | 1/0,91 | 2/1,82 | |
| <i>Ulmus parvifolia</i> | 10/3,61 | 20/7,22 | 9/3,25 | 76/27,44 | 124/44,77 | 33/11,91 | 5/1,80 |
| Всього, шт | 42 | 95 | 94 | 323 | 316 | 84 | 16 |
| % від загальної кількості екземплярів | 4,33 | 9,79 | 9,69 | 33,30 | 32,58 | 8,66 | 1,65 |

Примітка: чисельник – кількість дерев, шт.; знаменник – % від числа рослин даного виду

Найменша кількість дерев входить до сьомої групи (висота 14,1–16,0 м) – 16 екземплярів (1,65 %). З них 5 штук *Ulmus parvifolia*, 3 – *Robinia pseudoacacia* та 1 шт. *Ailanthus altissima*. Це – найстаріші дерева в даному деревостані. Рослини вищі за 16,0 м відсутні.

Всі екз. *Betula pendula*, *Populus balsamifera* та *Elaeagnus angustifolia* мають висоту в межах 8,1–10,0 м та 10,1–12,0 м. Найбільша кількість особин, висота яких також припадає на дані градації, це – *Ailanthus altissima*, *Ulmus laevis*, *Ulmus parvifolia*, *Catalpa bignonioides*, та *Morus alba*. За збільшенням кількості рослин у

групах висот їх можна розташувати так: 14,1–16,0 < до 4,0 < 12,1–14,0 < 6,1–8,0 < 4,1–6,0 < 10,1–12,0 < 8,1–10,0.

Як видно з табл. 4.2, у штучному деревному фітоценозі СЗЗ заводу Склофлюс найчисельнішою є група дерев, висота яких коливається від 10,1 до 12,0 м (50,40 % від загальної кількості екземплярів). Це такі рослини – *Ulmus parvifolia*, *Robinia pseudoacacia*, *Ailanthus altissima*, *Ulmus carpinifolia* та *Morus alba*.

Таблиця 4.2

Розподіл дерев за висотами у СЗЗ підприємства Склофлюс

| Назва рослин | Висота, м | | | | | | |
|---------------------------------------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | До 4,0 | 4,1–6,0 | 6,1–8,0 | 8,1–10,0; | 10,1–12,0 | 12,1–14,0 | 14,1–16,0 |
| <i>Acer pseudoplatanus</i> | | | | 2/100 | | | |
| <i>Ailanthus altissima</i> | 22/14,77 | 38/25,50 | 12/ 8,05 | 10/6,71 | 43/28,86 | 15/10,07 | 9/6,04 |
| <i>Morus alba</i> | | 1/9,09 | 7/63,64 | 2/18,18 | 1/9,09 | | |
| <i>Populus alba</i> | | | | | | | 2/100 |
| <i>Populus balsamifera</i> | | | | | | 1/100 | |
| <i>Pyrus communis</i> | | | 1/100 | | | | |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | | | 1/4 | 2/8 | 21/84 | 1/4 | |
| <i>Tilia cordata</i> | 10/100 | | | | | | |
| <i>Ulmus carpinifolia</i> | 4/13,33 | 11/36,67 | 6/20,00 | 5/16,67 | 4/13,33 | | |
| <i>Ulmus parvifolia</i> | 13/2,30 | 12/2,13 | 46/8,16 | 100/17,73 | 332/58,87 | 44/7,80 | 17/3,01 |
| Всього, шт | 49 | 62 | 73 | 121 | 401 | 61 | 28 |
| % від загальної кількості екземплярів | 6,16 | 7,80 | 9,18 | 15,22 | 50,44 | 7,67 | 3,77 |

Примітка: чисельник – кількість дерев, шт.; знаменник – % від числа рослин даного виду

Другою за величиною цього показника є група в межах 8,1 – 10,0 м – 121 шт. (15,22 %). До цієї градації віднесені *Ulmus parvifolia*, *Ailanthus altissima*, *Ulmus carpinifolia*, *Morus alba*, *Ailanthus altissima*, *Ulmus carpinifolia*, *Robinia pseudoacacia* та *Acer pseudoplatanus*. Найменша кількість дерев входить до розряду висот 16,1 – 14,0 м – 28 екз. (3,77 % від числа рослин, зростаючих в насадженні). Древа заввишки до 4-х метрів (49 шт.) – це підсаженні молоді рослини – *Tilia cordata* (10 шт) та підрост *Ailanthus altissima*, *Ulmus carpinifolia* та *Ulmus parvifolia*.

За чисельністю рослин у розрядах висот їх можна ранжувати наступним чином: 10,1–12,0 > 8,1–10,0 > 6,1–8,0 > 4,1–6,0 > 12,1–14,0 > до 4,0 > 14,1–16,0.

В СЗЗ заводу Укрграфіт найбільша кількість дерев, висота яких коливається від 18,1 до 20,0 м (30,20 % від загальної кількості екземплярів) (табл. 4.3). Другою є група з величиною цього показника в межах 20,1 – 22,0 м – 186 шт. (19,85 %). Аналіз розподілу дерев за висотами свідчить, що найбільша кількість особин, припадає на ряди висот 18,1 – 20,0 м (*Robinia pseudoacacia*, *Ulmus carpinifolia* й *Morus alba*), та 20,1 – 22,0 м (*Robinia pseudoacacia*, *Ulmus carpinifolia*, *Populus alba*). Найменша кількість дерев входить до групи з висотою 12,1 – 14,0 м – 34 екземпляри (3,63 % від загальної кількості дерев). Рослини заввишки до 4-х метрів, як і на інших пробних ділянках, це – підрост переважно насінневого самовідновлення (*Ailanthus altissima*, *Robinia pseudoacacia*, *Morus alba*, *Fraxinus lanceolata* тощо), інші види дерев це – підсаженні молоді рослини навпроти центрального входу (*Juglans regia*, *Tilia cordata*, *Acer platanoides*, *Malus domestica*). У захисному насадженні СЗЗ цього заводу виявлені дерева з висотою 20,1–22,0 м, які відсутні в зелених лісосмугах вказаних вище підприємств – Коксохімічний та Склофлюс. Розряди висот за кількістю в них рослин можна ранжувати наступним чином: 18,1–20,0 > 20,1–22,0 > до 4 > 8,1–10,0 > 16,1–18,0 > 4,1–6,0 > 6,1–8,0 > 10,1–12,0 > 14,1–16,0 > 12,1–14,0.

У зеленому насадженні СЗЗ Трансформаторного підприємства найбільшою є група рослин, висота яких коливається від 16,1–18,0 м (21,11 % від загальної кількості екземплярів) та в межах 14,1–16,0 м (17,08 %) (табл. 4.4). Це такі види дерев: *Acer negundo*, *Acer platanoides*, *Acer saccharinum*, *Aesculus hippocastanum*, *Ailanthus altissima*, *Betula pendula*, *Quercus robur*, *Robinia pseudoacacia*, *Sophora japonica*, *Tilia cordata*, *Ulmus parvifolia* та *Juglans regia*. Найменша кількість у захисній лісосмугі найвищих дерев (висота 24,1–26,0 м) – 17 екземплярів (1,04 % від чисельності деревного насадження). В цю групу входить 13 екземплярів *Populus pyramidalis* та по 2 екземпляри таких рослин як *Robinia pseudoacacia*, *Ailanthus altissima*.

В групи з висотою до 4,0 м й 8,1–10,0 м входить однакова кількість рослин по 52 екземплярів, а також це стосується і класів висот 20,1–22,0 й 10,1–12,0 м – по 118 екземплярів.

Розподіл дерев за розрядами висот у СЗЗ заводу Укрграфіт

| Назва рослин | Висота, м | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | До 4,0 | 4,1 – 6,0 | 6,1 – 8,0 | 8,1 – 10,0; | 10,1 – 12,0 | 12,1 – 14,0 | 14,1 – 16,0 | 16,1 – 18,0 | 18,1 – 20,0 | 20,1 – 22,0 |
| <i>Acer negundo</i> | 1/50 | 1/50 | | | | | | | | |
| <i>Acer platanoides</i> | 11/84,62 | 1/7,69 | 1/7,69 | | | | | | | |
| <i>Ailanthus altissima</i> | 5/9,44 | 16/30,19 | 8/15,09 | 152/8,30 | 1/1,89 | 1/1,89 | 2/3,77 | 2/3,77 | 1/1,89 | 2/3,77 |
| <i>Catalpa bignonioides</i> | | | | | | | 1/100 | | | |
| <i>Elaeagnus angustifolia</i> | 1/100 | | | | | | | | | |
| <i>Fraxinus lanceolata</i> | 21/56,76 | 3/8,11 | 1/2,70 | 1/2,70 | 3/8,11 | | | 5/13,51 | 3/8,11 | |
| <i>Juglans regia</i> | 7/77,78 | 2/22,22 | | | | | | | | |
| <i>Malus domestica</i> | 4/100 | | | | | | | | | |
| <i>Morus alba</i> | 7/6,03 | 9/7,76 | 8/6,90 | 6/5,17 | 8/6,90 | 8/6,90 | 5/4,31 | 8/6,90 | 47/40,51 | 10/8,62 |
| <i>Populus alba</i> | | | | | | | | 1/1,43 | 18/25,71 | 51/72,86 |
| <i>Populus simonii</i> | | | | | | | | | | 4/100 |
| <i>Populus nigra</i> | | | | | | | | | | 3/100 |
| <i>Populus pyramidalis</i> | | | | | | | | | 1/100 | |
| <i>Pyrus communis</i> | | 1/100 | | | | | | | | |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | 20/5,48 | 16/4,38 | 24/6,58 | 28/7,67 | 195,21 | 16/4,38 | 26/7,12 | 27/7,40 | 133/36,44 | 56/15,34 |
| <i>Salix alba</i> | 1/50 | | | | | | | | 1/50 | |
| <i>Thuja orientalis</i> | 4/100 | | | | | | | | | |
| <i>Tilia cordata</i> | 6/85,71 | 1/14,29 | | | | | | | | |
| <i>Ulmus carpinifolia</i> | 5/2,73 | 5/2,73 | 14/7,65 | 14/7,65 | 16/8,74 | 7/3,83 | 4/2,19 | 13/7,10 | 56/30,60 | 49/26,78 |
| <i>Ulmus laevis</i> | 4/6,56 | 3/4,92 | | 1/1,64 | 6/9,83 | 2/3,28 | 7/11,48 | 4/6,56 | 23/37,70 | 11/18,03 |
| Всього, шт | 97 | 58 | 56 | 65 | 53 | 34 | 45 | 60 | 283 | 186 |
| % від загальної кількості екземплярів | 10,35 | 6,19 | 5,98 | 6,94 | 5,66 | 3,63 | 4,80 | 6,40 | 30,20 | 19,85 |

Примітка: чисельник – кількість дерев, шт.; знаменник – % від числа рослин даного виду

Таблиця 4.4

Розподіл дерев за розрядами висот у СЗЗ Трансформаторного заводу

| Назва рослин | Висота, м | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|-----------|---------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | до 4,0 | 4,1–6,0 | 6,1–8,0 | 8,1–10,0 | 10,1–12,0 | 12,1–14,0 | 14,1–16,0 | 16,1–18,0 | 18,1–20,0 | 20,1–22,0 | 22,1–24,0 | 24,1–26,0 |
| <i>Acer negundo</i> | | | 6/3,85 | | | 16/10,26 | 62/39,74 | 72/46,15 | | | | |
| <i>Acer platanoides</i> | | | 5/2,67 | | 2/1,07 | 2/1,07 | 27/14,44 | 54/28,88 | 72/38,50 | 20/10,70 | 3/1,60 | 2/1,07 |
| <i>Acer saccharinum</i> | 4/5 | 3/3,75 | 2/2,50 | 4/5 | | | 8/10 | 14/17,50 | 20/25 | 18/22,50 | 7/8,75 | |
| <i>Aesculus hippocastanum</i> | | | 5/7,94 | 5/7,94 | 10/15,87 | 4/6,35 | 1/1,59 | 38/60,32 | | | | |
| <i>Ailanthus altissima</i> | | 1/6,67 | | | | | 2/13,33 | 8/53,33 | 4/26,67 | | | |
| <i>Armeniaca vulgaris</i> | | 2/40 | 3/60 | | | | | | | | | |
| <i>Betula pendula</i> | | | | 2/3,03 | 15/22,73 | 4/6,06 | 31/46,97 | 14/21,21 | | | | |
| <i>Catalpa bignonioides</i> | | 2/100 | | | | | | | | | | |
| <i>Cotinus coggygria</i> | 46/26,74 | 126/73,26 | | | | | | | | | | |
| <i>Fraxinus lanceolata</i> | | | | | | | 2/14,29 | 4/28,57 | 4/28,57 | 3/21,43 | 1/7,14 | |
| <i>Juglans regia</i> | 1/10 | | 2/20 | | 2/20 | | 4/40 | 1/10 | | | | |
| <i>Malus silvestris</i> | | 8/100 | | | | | | | | | | |
| <i>Picea abies</i> | | | | 5/15,15 | 1/3,03 | 7/21,21 | 20/60,61 | | | | | |
| <i>Pinus sylvestris</i> | | | | | | 2/15,38 | 6/46,15 | 5/38,46 | | | | |
| <i>Platanus acerifolia</i> | | | | | 2/20 | | | | 6/60 | 2/20 | | |
| <i>Populus nigra</i> | | | | | | 1/1,34 | | 4/13,33 | | 4/13,33 | 21/70 | |
| <i>Populus pyramidalis</i> | | | | 1/0,75 | 1/0,75 | 2/1,49 | | 5/3,73 | 27/20,15 | 23/17,16 | 62/46,27 | 13/9,70 |
| <i>Quercus robur</i> | | | | 23/20,54 | | 2/1,79 | 15/13,39 | 13/11,61 | 11/9,82 | 36/32,14 | 12/10,71 | |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | | | 1/1,16 | 2/2,33 | | | 8/9,30 | 41/47,67 | 21/24,42 | 8/9,30 | 3/3,49 | 2/2,33 |
| <i>Sophora japonica</i> | | | 2/20 | | 1/10 | | 5/50 | 2/20 | | | | |
| <i>Sorbus aucuparia</i> | | 5/27,78 | 2/11,11 | 1/5,56 | 10/20,31 | | | | | | | |
| <i>Thuja orientalis</i> | | 8/34,78 | 6/26,09 | 9/39,13 | | | | | | | | |
| <i>Tilia cordata</i> | | | | | 74/28,03 | 126/47,73 | 63/23,86 | 1/0,38 | | | | |
| <i>Ulmus parvifolia</i> | 1/0,78 | 1/0,78 | 2/1,56 | | | 1/0,78 | 26/20,31 | 70/54,69 | 23/17,97 | 4/3,13 | | |
| Всього, шт./% від загальної кількості екземплярів | 52/3,17 | 156/9,52 | 36/2,20 | 52/3,17 | 118/7,20 | 167/10,19 | 280/17,08 | 346/21,11 | 188/11,47 | 118/7,20 | 109/6,65 | 17/1,04 |

Примітка: чисельник – кількість дерев, шт.; знаменник – % від числа рослин даного виду

Найбільшу частку в класі висот до 4 м складає *Cotinus coggygia*, яка зростає мозаїчно у вигляді невеликих груп дерев (всього 46 штук). Це також 4 молодих дерева *Acer saccharinum* і по одній особині *Juglans regia* і *Ulmus parvifolia*.

Слід відзначити, що в захисній лісосмузі виявлено 109 шт. дерев заввишки 22,1 – 24,0 м та 17 дерев – 24,1 – 26,0 м. Це найвищі рослини. В цих групах переважають такі види: *Populus pyramidalis*, *Populus nigra* *Quercus robur*, *Robinia pseudoacacia*. Деревя такої висоти відсутні в СЗЗ інших обстежених заводів.

За зменшенням кількості рослин у групах за висотами їх можна ранжувати наступним чином: 24,1–26,0 > 6,1–8,0 > до 4,0 = 8,1 – 10,0 > 22,1–24,0 > 10,1 – 12,0 = 20,1 – 22,0 > 4,1–6,0 > 12,1–14,0 > 18,1–20,0 > 14,1–16,0 > 16,1–18,0.

Дані з розподілу за висотами зеленого насадження деревних рослин СЗЗ заводу Вогнетрив наведені у табл. 4.5.

Найбільшою є група молодих рослин, висота яких коливається від 4,1–6,0 м – 772 екз. (28,42 % від загальної кількості) та в межах 16,1–18,0 м – 653 шт. (24,04 %). Найменша кількість дерев з висотою 10,1–12,0 м – 25 екземплярів. В цю групу входить 12 шт. *Ulmus carpiniifolia*, 9 шт. – *Acer negundo*, 2 шт. – *Ailanthus altissima* та по 1 екземпляру таких рослин як *Tilia cordata* і *Fraxinus lanceolata*.

Слід зазначити, що рослини заввишки до 4-х метрів та в діапазоні 4,1 – 6,0 м – переважно підрост насінневого самовідновлення (*Ailanthus altissima*, *Ulmus carpiniifolia* та *Acer negundo*) та дерева віком до 10 років, які були підсаженні в 2010 році – *Picea abies* (3 екз.) та *Picea pungens* (10 екз.). Найбільша кількість особин, що припадає на розряд висот 16,1–18,0 м це такі види: *Ulmus carpiniifolia*, *Robinia pseudoacacia*, *Ailanthus altissim*, *Acer negundo*, *Acer platanoides*. Великою кількістю особин представленні також групи (14,1–16,0 м) – 569 шт. та (18,1–20,0 м) – 337 шт. У цілому, число дерев, висота яких перевищує 14 м, становить 1586 екз, що складає більше половини числа рослин захисного насадження – 58,39 %.

Найвищі дерева (18,1 – 20,0 м) це – *Populus alba* (225 шт.), *Ulmus carpiniifolia* (74 шт.), меншою кількістю в цій групі представлені *Populus nigra*, *Populus simonii* – 29 та 16 екземплярів відповідно.

Розподіл дерев за розрядами висот у СЗЗ заводу Вогнетрив

| Назва рослин | Висота, м | | | | | | | | |
|---------------------------------------|-----------|-----------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| | До 4,0 | 4,1–6,0 | 6,1–8,0 | 8,1–10,0; | 10,0–12,0 | 12,1–14,0 | 14,1–16,0 | 16,1–18,0 | 18,1–20,0 |
| <i>Acer negundo</i> | 41/5,38 | 556/72,97 | 22/2,89 | 57/ 7,48 | 9/1,18 | 23/ 3,02 | 51/ 6,69 | 3/0,39 | |
| <i>Acer platanoides</i> | 10/13,16 | 20/ 26,32 | 3/3,95 | | | | 23/30,26 | 20/26,32 | |
| <i>Aesculus hippocastanum</i> | 15/93,75 | | | | | | 1/ 6,25 | | |
| <i>Ailanthus altissima</i> | | 44/64,71 | 1/1,47 | 1/1,47 | 2/2,94 | | | 20/29,41 | |
| <i>Betula pendula</i> | | | | 10/ 90,91 | | | | 1/9,09 | |
| <i>Catalpa bignonioides</i> | | 5/100 | | | | | | | |
| <i>Elaeagnus angustifolia</i> | 6/100 | | | | | | | | |
| <i>Fraxinus lanceolata</i> | 1/16,67 | | 1/16,67 | 2/33,33 | 1/6,67 | | 1/16,67 | | |
| <i>Juglans regia</i> | | | 1/50 | 1/50 | | | | | |
| <i>Morus alba</i> | | | | | | 5/27,78 | 13/72,22 | | |
| <i>Picea abies</i> | 2/66,67 | 1/33,33 | | | | | | | |
| <i>Picea pungens</i> | 3/30 | | 7/70 | | | | | | |
| <i>Platanus acerifolia</i> | | | | | | | | 1/100 | |
| <i>Populus alba</i> | | 3/1,02 | | 1/0,34 | | | | 64/21,84 | 225/ 76,79 |
| <i>Populus nigra</i> | | | | | | | 10/20,83 | 15/ 31,25 | 23/ 47,92 |
| <i>Populus simonii</i> | | | | | | | 4/10,0 | 23/ 57,50 | 13/32,50 |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | | 40/5,89 | 42/6,19 | 1/0,15 | | | 285/41,97 | 311/45,80 | |
| <i>Salix alba</i> | | 1/100 | | | | | | | |
| <i>Tilia cordata</i> | | | | | 1/50 | | 1/50 | | |
| <i>Ulmus carpinifolia</i> | | 102/15,25 | 2/0,30 | 18/2,69 | 12/1,79 | 57/8,52 | 207/30,94 | 195/29,15 | 76/11,36 |
| Всього, шт | 78 | 772 | 79 | 91 | 25 | 85 | 596 | 653 | 337 |
| % від загальної кількості екземплярів | 2,87 | 28,42 | 2,91 | 3,35 | 0,92 | 3,13 | 21,94 | 24,04 | 12,41 |

Примітка: чисельник – кількість дерев, шт.; знаменник – % від числа рослин даного виду

Найбільшою є група молодих рослин, висота яких коливається від 4,1–6,0 м – 772 екз. (28,42 % від загальної кількості) та в межах 16,1–18,0 м – 653 шт. (24,04 %). Найменша кількість дерев з висотою 10,1–12,0 м – 25 екземплярів. В цю групу входить 12 шт. *Ulmus carpinifolia*, 9 шт. – *Acer negundo*, 2 шт. – *Ailanthus altissima* та по 1 екземпляру таких рослин як *Tilia cordata* і *Fraxinus lanceolata*.

Слід зазначити, що рослини заввишки до 4-х метрів та в діапазоні 4,1 – 6,0 м – переважно підрост насінневого самовідновлення (*Ailanthus altissima*, *Ulmus carpinifolia* та *Acer negundo*) та дерева віком до 10 років, які були підсаженні в 2010 році – *Picea abies* (3 екз.) та *Picea pungens* (10 екз.). Найбільша кількість особин, що припадає на розряд висот 16,1–18,0 м це такі види: *Ulmus carpinifolia*, *Robinia pseudoacacia*, *Ailanthus altissima*, *Acer negundo*, *Acer platanoides*. Великою кількістю особин представленні також групи (14,1–16,0 м) – 569 шт. та (18,1–20,0 м) – 337 шт. У цілому, число дерев, висота яких перевищує 14 м, становить 1586 екз, що складає більше половини числа рослин захисного насадження – 58,39 %.

Найвищі дерева (18,1 – 20,0 м) це – *Populus alba* (225 шт.), *Ulmus carpinifolia* (74 шт.), меншою кількістю в цій групі представлені *Populus nigra*, *Populus simonii* – 29 та 16 екземплярів відповідно. За зменшенням кількості рослин у групах за висотами їх можна розташувати так: 4,1–6,0 > 16,1–18,0 > 14,1–16,0 > 18,1–20,0 > 8,1–10,0 > 12,1–14,0 > 6,1–8,0 > До 4,0 > 10,1–12,0.

Отже, у даному насадженні переважають рослини з висотами 4,1 – 6,0 та 16,1 – 18,0 м, а найменша кількість особин відноситься до розряду висоти 10,1 – 12,0 м.

Розподіл дерев СЗЗ Титано-магнієвого комбінату за висотами представлений у табл. 4.6.

Найбільшою є група рослин, висота яких коливається в межах 16,1–18,0 м (23,19 % від загальної кількості екземплярів), 4,1–6,0 м (19,04 %) та 14,1–16,0 м (17,01%). Найбільша кількість особин, висота яких припадає на ці градації, належать до таких видів: *Ulmus carpinifolia*, *Robinia pseudoacacia*, *Ailanthus altissima*, *Acer negundo*.

Розподіл дерев за висотами у СЗЗ Титано-магнієвого комбінату

| Назва рослин | Висота, м | | | | | | | | |
|---------------------------------------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | До 4,0 | 4,1–6,0 | 6,1–8,0 | 8,1–10,0; | 10,1–12,0 | 12,1–14,0 | 14,1–16,0 | 16,1–18,0 | 18,1–20,0 |
| <i>Acer negundo</i> | 39/43,82 | 10/11,24 | 3/3,37 | | 1/1,12 | 1/1,12 | 35/39,33 | | |
| <i>Acer platanoides</i> | 1/12,50 | 2/25 | 4/50 | | 1/12,50 | | | | |
| <i>Aesculus hippocastanum</i> | 1/10 | 3/30 | | 6/60 | | | | | |
| <i>Ailanthus altissima</i> | 2/4,55 | 14/31,82 | 14/31,82 | | 14/31,82 | | | | |
| <i>Betula pendula</i> | 10/41,67 | 2/8,33 | | 11/45,83 | 1/4,17 | | | | |
| <i>Fraxinus lanceolata</i> | | | | 1/7,69 | 8/61,54 | 3/23,08 | 1/7,69 | | |
| <i>Juglans regia</i> | 9/90 | 1/10 | | | | | | | |
| <i>Morus alba</i> | | | 1/8,33 | 1/8,33 | 1/8,33 | 6/50,00 | 2/16,67 | 1/8,33 | |
| <i>Picea abies</i> | 1/9,09 | | | 5/45,45 | | 5/45,45 | | | |
| <i>Picea pungens</i> | 3/30 | 7/70 | | | | | | | |
| <i>Populus alba</i> | | | | | 2/5,88 | | 3/8,82 | 16/47,06 | 13/38,24 |
| <i>Populus nigra</i> | | | | | | 16/80 | | 1/5 | 3/15 |
| <i>Populus simonii</i> | | | | 1/1,33 | 1/1,33 | | 1/1,33 | 50/66,67 | 22/29,33 |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | | 50/8,65 | 17/2,94 | 137/23,70 | 25/4,33 | 53/9,17 | 85/14,71 | 209/36,16 | 2/0,35 |
| <i>Salix alba</i> | | | | 1/100 | | | | | |
| <i>Thuja occidentalis</i> | 30/100 | | | | | | | | |
| <i>Thuja orientalis</i> | | | | | 1/100 | | | | |
| <i>Tilia cordata</i> | | | | 1/33,33 | 1/33,33 | 1/33,33 | | | |
| <i>Ulmus laevis</i> | | | 1/4,17 | 6/25,0 | 5/20,83 | 2/8,33 | 3/12,50 | 5/20,83 | 2/8,33 |
| <i>Ulmus carpinifolia</i> | 1/0,08 | 351/26,71 | | 117/8,90 | 209/15,91 | 107/8,14 | 263/20,02 | 254/19,33 | 12/0,91 |
| Всього, шт | 97 | 440 | 40 | 287 | 270 | 194 | 393 | 536 | 54 |
| % від загальної кількості екземплярів | 4,20 | 19,04 | 1,73 | 12,42 | 11,68 | 8,39 | 17,01 | 23,19 | 2,34 |

Примітка: чисельник – кількість дерев, шт.; знаменник – % від числа рослин даного виду

Найвищі дерева мають висоту 18,1–20,0 м. Всього їх налічується 54 шт. (2,34 % від чисельності всіх дерев), тобто їх частка найменша порівняно з кількістю рослин в інших групах. Представленість рослин заввишки до 4-х метрів та 4,1–6,0 м також досить мала і складає 4,2 %. Серед них підсажені в 2000 р. молоді рослини – *Picea abies*, *Picea pungens*, *Thuja occidentalis*, *Aesculus hippocastanum*, *Betula pendula* та *Juglans regia* та рослини, що виростили з самосіву. Це – *Ailanthus altissima*, *Ulmus carpinifolia*, *Robinia pseudoacacia* та *Acer negundo*. Слід зазначити, що у 92 % дерев *Populus alba* зрізана верхівка.

Отже, максимальна кількість деревних рослин входить до таких класів висот – 16,1–18,0; 14,1–16,0 та 4,1–6,0 м, найменше їх число віднесене до найвищої категорії – 18,1–20,0 м.

У зеленому насадженні СЗЗ Феросплавного заводу, як видно з таблиці 4.7, переважає група рослин, висота яких коливається від 10,1 до 12,0 м (49,74 % від загальної кількості дерев у насадженні екземплярів). Це – *Robinia pseudoacacia*, *Ulmus carpinifolia* та *Ulmus parvifolia*. Найменша кількість дерев віднесена до розряду висот 16,1–18,0 м – 31 екземпляр (2,72 %). Переважаюча частка рослин заввишки до 4-х метрів, які в СЗЗ інших підприємств, таксаційні характеристики яких наведені вище, виростили спонтанно внаслідок насінневого самовідновлення. Це такі види як *Ailanthus altissima*, *Robinia pseudoacacia*, *Morus alba*, *Fraxinus lanceolata*. У дану групу входять також висадженні (10 років тому) молоді рослини навпроти центральної прохідної (*Juglans regia*, *Tilia cordata*, *Acer platanoides*, *Malus domestica*).

Отже, майже половина дерев віднесена до класу висот 10,1–12,0 м, найменша кількість припадає на градацію – 16,1–18,0 м. За зменшенням кількості рослин у класах висот їх можна розташувати так: 10,1–12,0 > 12,1–14,0 > 8,1–10,0 > 6,1–8,0 > 4,1–6,0 > 14,1–16,0 > До 4,0 > 16,1–18,0.

Отже, майже половина дерев віднесена до класу висот 10,1–12,0 м, найменша кількість припадає на градацію – 16,1–18,0 м. За зменшенням кількості рослин у класах висот їх можна розташувати так: 10,1–12,0 > 12,1–14,0 > 8,1–10,0 > 6,1–8,0 > 4,1–6,0 > 14,1–16,0 > До 4,0 > 16,1–18,0.

Розподіл дерев за розрядами висот у СЗЗ Феросплавного заводу

| Назва рослин | Висота, м | | | | | | | |
|-------------------------------|-----------|---------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | До 4,0 | 4,1–6,0 | 6,1–8,0 | 8,1–10,0; | 10,1–12,0 | 12,1–14,0 | 14,1–16,0 | 16,1–18,0 |
| <i>Ailanthus altissima</i> | 4/40 | 4/40 | 2/20 | | | | | |
| <i>Betula pendula</i> | 2/100 | | | | | | | |
| <i>Catalpa bignonioides</i> | | 11/100 | | | | | | |
| <i>Elaeagnus angustifolia</i> | 1/50 | 1/50 | | | | | | |
| <i>Fraxinus lanceolata</i> | | 1/50 | | | 1/50 | | | |
| <i>Malus domestica</i> | 1/100 | | | | | | | |
| <i>Morus alba</i> | | | 5/100 | | | | | |
| <i>Populus alba</i> | | | | | | | 4/50 | 4/50 |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | 21/4,79 | 27/6,16 | 56/12,79 | 62/14,16 | 222/50,68 | 20/4,57 | 30/6,85 | |
| <i>Salix alba</i> | | 1/100 | | | | | | |
| <i>Ulmus carpinifolia</i> | 2/7,41 | 7/25,93 | 5/18,52 | 6/22,22 | 5/18,52 | 1/3,70 | 1/3,70 | |
| <i>Ulmus parvifolia</i> | 9/1,43 | 30/4,75 | 23/3,65 | 59/9,35 | 338/53,57 | 137/21,71 | 8/1,27 | 27/4,28 |
| Всього, шт | 40 | 82 | 91 | 127 | 566 | 158 | 43 | 31 |
| % від кількості екземплярів | 3,51 | 7,21 | 8 | 11,16 | 49,74 | 13,88 | 3,78 | 2,72 |

Примітка: чисельник – кількість дерев, шт.; знаменник – % від числа рослин даного виду

У лісосмузі СЗЗ Алюмінієвого комбінату переважає клас висоти дерев від 10,1 до 12,0 м, що становить 30,13 % від загальної їх кількості у деревостані (табл. 4.8). Другою за величиною є група в межах показника 8,1–10,0 м – 222 шт. (22,68 %). Найбідніше представлений клас з висотою 18,1–20,0 м; всього 3 рослини родини *Salicaceae*.

Рослини заввишки до 4-х метрів – це переважно підсаженні в 2010 році молоді рослини – *Tilia platyphyllos*, *Thuja occidentalis* і *Thuja orientalis* та ін. (табл. 4.8). Аналіз кількісного розподілу видів дерев за висотами свідчить, що найбільша кількість особин, висота яких припадає на градацію 10,1–12,0 м (*Ulmus carpinifolia*, *Robinia pseudoacacia* та *Fraxinus lanceolata*), та на градацію 8,1–10,0 м (*Ulmus carpinifolia*, *Robinia pseudoacacia*, *Fraxinus lanceolata* та *Populus alba*).

Розподіл дерев за розрядами висот у СЗЗ Алюмінієвого комбінату

| Назва рослин | Висота, м | | | | | | | | |
|---------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | До 4,0 | 4,1 – 6,0 | 6,1 – 8,0 | 8,1 – 10,0; | 10,1 – 12,0 | 12,1 – 14,0 | 14,1 – 16,0 | 16,1 – 18,0 | 18,1 – 20,0 |
| <i>Acer pseudoplatanus</i> | 1/50 | | 1/50 | | | | | | |
| <i>Aesculus hippocastanum</i> | | | 11/100 | | | | | | |
| <i>Ailanthus altissima</i> | 3/11,11 | 2/7,41 | | 4/14,81 | 1/3,70 | | 15/55,56 | 2/7,41 | |
| <i>Betula pendula</i> | | | | | | | 2/100 | | |
| <i>Catalpa bignonioides</i> | | 9/56,25 | 5 | 1/6,25 | 1/6,25 | | | | |
| <i>Fraxinus lanceolata</i> | | 5/8,77 | 4/7,02 | 18/31,58 | 19/33,33 | 1/1,75 | 9/15,79 | 1/1,75 | |
| <i>Morus alba</i> | | 2/22,22 | | 1/11,11 | | | 6/66,67 | | |
| <i>Picea pungens</i> | | 12/92,31 | 1/7,69 | | | | | | |
| <i>Platanus acerifolia</i> | | | | | | | | 1/100 | |
| <i>Populus alba</i> | | | 1/3,45 | 10/34,48 | 4/13,79 | | 8/27,59 | 5/17,24 | 1/3,45 |
| <i>Populus nigra</i> | | | 2/40 | | | | | 1/20 | 2/40 |
| <i>Populus simonii</i> | | | | | | | | 1/100 | |
| <i>Quercus robur</i> | | 3/100 | | | | | | | |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | | 3/0,86 | 9/2,59 | 140/40,23 | 130/37,36 | 22/6,32 | 26/7,47 | 18/5,17 | |
| <i>Salix alba</i> | | 1/6,66 | 4/26,67 | 6/40,00 | 4/26,67 | | | | |
| <i>Sorbus aucuparia</i> | | | | | | 2/100 | | | |
| <i>Thuja occidentalis</i> | 25/100 | | | | | | | | |
| <i>Thuja orientalis</i> | 6/100 | | | | | | | | |
| <i>Tilia cordata</i> | 7/50,0 | 4/28,57 | | | | | 3/21,43 | | |
| <i>Ulmus carpiniifolia</i> | 1/0,28 | 13/3,60 | 7/1,94 | 42/11,63 | 127/35,18 | 10/2,77 | 105/29,09 | 56/15,51 | |
| <i>Ulmus laevis</i> | 2/6,25 | 1/3,13 | 8/25,0 | | 9/28,13 | 1/3,13 | 8/25,0 | 3/9,38 | |
| Всього, шт | 45 | 55 | 53 | 222 | 295 | 36 | 182 | 88 | 3 |
| % від загальної кількості екземплярів | 4,6 | 5,62 | 5,41 | 22,68 | 30,13 | 3,68 | 18,59 | 8,99 | 0,31 |

Примітка: чисельник – кількість дерев, шт.; знаменник – % від числа рослин даного виду

Розподіл дерев за розрядами висот у СЗЗ заводу Дніпроспецсталь

| Назва рослин | Висота, м | | | | | | | | |
|---------------------------------------|-----------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | До 4,0 | 4,1–6,0 | 6,1–8,0 | 8,1–10,0; | 10,1–12,0 | 12,1–14,0 | 14,1–16,0 | 16,1–18,0 | 18,1–20,0 |
| <i>Acer negundo</i> | 1/7,69 | | | 4/30,77 | 5/39,46 | | 2/15,38 | 1/7,69 | |
| <i>Acer platanoides</i> | 3/18,75 | | 7/43,75 | 3/18,75 | 1/6,25 | | 2/12,50 | | |
| <i>Acer saccharinum</i> | | | | | | 1/25 | 2/50 | 1/25 | |
| <i>Aesculus hippocastanum</i> | | | | | 3/100 | | | | |
| <i>Ailanthus altissima</i> | | | 7/16,28 | 8/18,60 | 15/34,88 | 1/2,33 | 12/27,91 | | |
| <i>Armeniaca vulgaris</i> | | | 4/100 | | | | | | |
| <i>Betula pendula</i> | | | 1/2,27 | 31/70,45 | 1/2,27 | | 11/25,00 | | |
| <i>Catalpa bignonioides</i> | 1/4 | 8/32 | 9/36 | 3/12 | 2/8 | | 2/8 | | |
| <i>Juglans regia</i> | 21/95,45 | | | | 1/4,55 | | | | |
| <i>Morus alba</i> | | 2/10 | | 1/5 | 13/65 | | 4/20 | | |
| <i>Picea abies</i> | | | | 6/100 | | | | | |
| <i>Picea pungens</i> | | | 6/37,50 | | 10/62,50 | | | | |
| <i>Platanus acerifolia</i> | | | 2/50 | | | | 1/25 | | 1/25 |
| <i>Populus alba</i> | | | | 3/17,65 | 2/11,76 | 2/11,76 | 3/17,65 | 7/41,18 | |
| <i>Populus nigra</i> | | | | | | | 1/100 | | |
| <i>Populus simonii</i> | | | 18/8,87 | | 29/14,29 | 48/23,65 | 64/31,53 | 44/21,67 | |
| <i>Pyrus communis</i> | | | | 1/100 | | | | | |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | | 30/3,85 | 47/6,03 | 3/0,39 | 236/30,30 | 169/21,69 | 252/32,35 | 42/5,39 | |
| <i>Salix alba</i> | | | | | | | 2/100 | | |
| <i>Thuja occidentalis</i> | 60/100 | | | | | | | | |
| <i>Tilia cordata</i> | | | | 16/55,17 | 13/44,83 | | | | |
| <i>Ulmus carpinifolia</i> | | 3/0,48 | 20/3,19 | 7/1,12 | 180/28,71 | 224/35,73 | 118/18,82 | 75/11,96 | |
| <i>Ulmus laevis</i> | | | | | 2/66,67 | | 1/33,33 | | |
| Всього, шт | 86 | 43 | 121 | 86 | 513 | 445 | 477 | 170 | 1 |
| % від загальної кількості екземплярів | 4,43 | 2,21 | 6,32 | 4,43 | 26,42 | 22,91 | 24,56 | 8,75 | 0,05 |

Примітка: чисельник – кількість дерев, шт.; знаменник – % від числа рослин даного виду

За чисельністю дерев у різних класах висот їх можна розташувати наступним чином: 10,1–12,0 > 8,1–10,0 > 14,1–16,0 > 16,1–18,0 > 4,1–6,0 > 6,1–8,0 > До 4,0 > 12,1–14,0 > 18,1–20,0.

Результати поділу дерев на класи за показниками висот у лісосмузі СЗЗ підприємства Дніпроспецсталь представлені у табл. 4.9. Найбільшою кількістю особин презентована група рослин висотою 10,1–12,0 м (26,42 % від загальної кількості екземплярів), 14,1–16,0 м (24,56 %) та 12,1–14,0 м (22,91 %). У цих розрядах висот переважають такі види рослин: *Ulmus carpinifolia*, *Robinia pseudoacacia*, *Ailanthus altissima*, *Populus alba* та *Populus simonii*. До найвищих дерев (висота 18,1–20,0 м) – віднесено всього 1 екземпляр *Platanus acerifolia*. До групи рослин заввишки до 4-х метрів входять висаджені в 2015 році молоді рослини – *Thuja occidentalis* та *Juglans regia*. Кількість особин у класах висот до 4,0 м та 8,1–10,0 м однакова. Найбільше число дерев припадає на класи висот 10,1–12,0; 14,1–16,0 та 12,1 – 14,0 м.

Ранжування рослин зеленого насадження цього підприємства за висотами має такий вигляд: 10,1–12,0 > 14,1–16,0 > 12,1–14,0 > 16,1–18,0 > 6,1–8,0 > До 4,0 = 8,1–10,0 > 4,1–6,0 > 18,1–20,0.

Розподіл дерев СЗЗ Абразивного комбінату за розрядами висот (табл. 4.10) свідчить, що найчисельнішими є групи висот 16,1–18,0 м (23,26 % від загальної кількості екземплярів) та 18,1–20,0 м (22,17 %). Найменша кількість дерев входить до розряду висот до 4,0 м – 37 екземпляри (2,89 % від загальної кількості дерев).

Рослини заввишки 12,1–14,0 м в СЗЗ відсутні, а до 4-х метрів – представлені підсадженими молодими рослинами (*Juglans regia*, *Catalpa bignonioides*). Найбільша кількість особин має висоту в межах 16,1–18,0 м (*Robinia pseudoacacia*, *Ulmus carpinifolia* та *Populus alba*) та 18,1 до 20,0 м (*Robinia pseudoacacia*, *Populus alba* та *Populus nigra*).

У підсумку за зменшенням кількості рослин у групах за розрядами висот їх можна розташувати так: 16,1–18,0 > 18,1–20,0 > 14,1–16,0 > 8,1–10,0 > 6,1–8,0 > 10,1–12,0 > 4,1–6,0 > До 4,0.

Розподіл дерев за розрядами висот у СЗЗ Абразивного комбінату

| Назва рослин | Висота, м | | | | | | | | |
|---------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | До 4,0 | 4,1 – 6,0 | 6,1 – 8,0 | 8,1 – 10,0; | 10,1 – 12,0 | 12,1 – 14,0 | 14,1 – 16,0 | 16,1 – 18,0 | 18,1 – 20,0 |
| <i>Acer negundo</i> | 1/25 | | | 3/75 | | | | | |
| <i>Acer platanoides</i> | 1/5,26 | 4/21,05 | 7/36,84 | 1/5,26 | 4/21,05 | | 2/10,53 | | |
| <i>Acer saccharinum</i> | | | | | | | 1/100 | | |
| <i>Aesculus hippocastanum</i> | 19/37,25 | 10/19,61 | 11/21,57 | 7/13,73 | 4/7,84 | | | | |
| <i>Armeniaca vulgaris</i> | | | 1/100 | | | | | | |
| <i>Catalpa bignonioides</i> | 12/11,43 | 31/29,52 | 26/24,76 | 29/27,62 | 7/6,67 | | | | |
| <i>Elaeagnus angustifolia</i> | | 1/50 | 1/50 | | | | | | |
| <i>Juglans regia</i> | | | | | | | 7/100 | | |
| <i>Morus nigra</i> | | | 1/33,33 | | 2/66,67 | | | | |
| <i>Picea abies</i> | | | | | 2/100 | | | | |
| <i>Picea pungens</i> | | | 2/22,22 | 7/77,78 | | | | | |
| <i>Populus alba</i> | | 15/4,73 | 17/5,36 | 19/5,99 | | | 12/3,79 | 41/12,93 | 213/67,19 |
| <i>Populus nigra</i> | | | | 5/10,20 | 12/24,49 | | 6/12,24 | | 26/53,06 |
| <i>Pyrus communis</i> | | | 1/100 | | | | | | |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | | 3/0,55 | 48/8,76 | 46/8,39 | 13/2,37 | | 158/28,83 | 235/42,88 | 45/8,21 |
| <i>Ulmus carpinifolia</i> | 4/2,47 | | 5/3,09 | 20/12,35 | 53/32,72 | | 58/35,80 | 22/13,58 | |
| Всього, шт | 37 | 64 | 120 | 137 | 97 | | 244 | 298 | 284 |
| % від загальної кількості екземплярів | 2,89 | 5 | 9,37 | 10,69 | 7,57 | - | 19,05 | 23,26 | 22,17 |

Примітка: чисельник – кількість дерев, шт.; знаменник – % від числа рослин даного виду

Розподіл дерев за розрядами висот у СЗЗ підприємства Запоріжсталь

| Назви рослин | Висота, м | | | | | | | | | |
|-------------------------------|-----------|------------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | До 4,0 | 4,1–6,0 | 6,1–8,0 | 8,1–10,0; | 10,1–12,0 | 12,1–14,0 | 14,1–16,0 | 16,1–18,0 | 18,1–20,0 | 20,1–22,0 |
| <i>Acer negundo</i> | 1/0,06 | 1065/61,49 | 7/0,40 | 15/0,87 | 147/8,49 | 3/0,17 | 11/0,64 | 483/27,89 | | |
| <i>Acer pseudoplatanus</i> | 1/9,09 | 7/63,64 | 3/27,27 | | | | | | | |
| <i>Aesculus hippocastanum</i> | 8/17,78 | | | 2/4,44 | 31/68,89 | | | 4/8,89 | | |
| <i>Ailanthus altissima</i> | 25/21,55 | 55/47,41 | 1/0,86 | 3/2,59 | 12/10,34 | 1/0,86 | 13/11,21 | | 6/5,17 | |
| <i>Armeniaca vulgaris</i> | | | | | 2/100 | | | | | |
| <i>Betula pendula</i> | | 7/41,18 | 9/52,94 | 1/5,88 | | | | | | |
| <i>Catalpa bignonioides</i> | 3/100 | | | | | | | | | |
| <i>Elaeagnus angustifolia</i> | 7/70 | 2/20 | 1/10 | | | | | | | |
| <i>Fraxinus lanceolata</i> | | | 1/25 | | | 1/25 | 2/50 | | | |
| <i>Malus silvestris</i> | | 4/66,66 | 1/16,67 | 1/16,67 | | | | | | |
| <i>Morus alba</i> | | | | | | | | 1/50 | 1/50 | |
| <i>Picea abies</i> | | | | 2/100 | | | | | | |
| <i>Picea pungens</i> | | | | | 1/100 | | | | | |
| <i>Populus alba</i> | | | | 17/29,82 | | 6/10,53 | 18/31,58 | | | 16/28,07 |
| <i>Populus balsamifera</i> | | | | | | | | 1/100 | | |
| <i>Populus nigra</i> | | | | | 1/20 | | | 4/80 | | |
| <i>Populus simonii</i> | | 3/2,78 | 2/1,85 | 13/12,04 | 19/17,59 | 10/9,26 | 48/44,44 | 13/12,04 | | |
| <i>Pyrus communis</i> | | | | 1/50 | | 1/50 | | | | |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | 5/0,55 | 14/1,55 | 59/6,53 | 20/2,21 | 222/24,58 | 53/5,87 | 172/19,05 | 164/18,16 | 194/21,48 | |
| <i>Thuja occidentalis</i> | 15/100 | | | | | | | | | |
| <i>Thuja orientalis</i> | | | | | | | 9/100 | | | |
| <i>Tilia cordata</i> | | | 3/60 | 2/40 | | | | | | |
| <i>Ulmus carpinifolia</i> | 42/3,20 | 80/6,10 | 41/3,13 | 77/5,87 | 581/44,32 | 200/15,26 | 59/4,50 | 143/10,91 | 88/6,71 | |
| <i>Ulmus glabra</i> | | | | 5/38,46 | 1/7,69 | 2/15,38 | 1/7,69 | | 4/30,77 | |
| Всього, шт | 107 | 1237 | 128 | 159 | 1017 | 277 | 333 | 813 | 293 | 16 |
| % від заг. к-ті екз. | 2,44 | 28,24 | 2,92 | 3,63 | 23,22 | 6,32 | 7,6 | 18,56 | 6,69 | 0,37 |

Примітка: чисельник – кількість дерев, шт.; знаменник – % від числа рослин даного виду

У насадженні СЗЗ підприємства Запоріжсталь найбільша чисельність дерев у класах висот 4,1–6,0 м (28,24 % від загальної кількості екземплярів) та 10,1–12,0 м (23,22 %) (табл. 4.11). Кількість найвищих дерев у захисній лісосмузі (20,1–22,0 м) 16 екземплярів одного виду – *Populus alba*. Встановлено, що найбільше число особин, висота яких припадає на градації 4,1–6,0 та 10,1 – 12,0 м, належать до таких видів: *Ulmus carpinifolia*, *Robinia pseudoacacia*, *Ailanthus altissima*, *Acer negundo* та *Populus simonii*.

У групу заввишки до 4-х метрів та 4,1–6,0 м – увійшли рослини, які виростили внаслідок насінневого самовідновлення (*Ailanthus altissima*, *Ulmus carpinifolia*, *Robinia pseudoacacia*) та ті, що були висадженні пізніше внаслідок часткової реконструкції, – *Catalpa bignonioides*, *Thuja occidentalis*, *Aesculus hippocastanum*, *Betula pendula* та *Juglans regia*.

Ряд розташування розрядів висот за кількістю в них рослин має такий вигляд: 4,1–6,0 > 10,1–12,0 > 16,1–18,0 > 14,1–16,0 > 18,1–20,0 > 12,1–14,0 > 8,1–10,0 > 6,1–8,0 > До 4,0 > 20,1–22,0.

4.2 Розподіл дерев СЗЗ промислових підприємств м. Запоріжжя за діаметрами

Показники діаметрів, як і висоти, характеризують не тільки продуктивність деревостану, але й їх необхідно враховувати при плануванні реконструкції насадження.

Результати розподілу дерев за діаметрами штамбу у насадженні Коксохімічного підприємства наведені на рис. 4.1 (Додаток Б, табл. Б.1). Домінантною є група рослин, діаметр яких коливається від 8,1 до 12,0 см (14,85 % від загальної кількості дерев) (рис. 4.1), найчисельнішими в цій групі виявилися *Ailanthus altissima* та *Betula pendula*. На другому місці класи з величиною цього показника в межах 16,1–20,0 та 28,1–32,0 см (10,21 та 10,10 % відповідно від загального числа рослин у насадженні). Найменша кількість рослин має такі ступені діаметрів 84,1–88,0 (0,10 %), 88,1–92,0 (0,21 %) та 98,1–100,0 см (0,31 %).

В ці групи переважно входять такі види: *Robinia pseudoacacia*, *Populus alba*, *Morus alba* та *Ulmus parvifolia*.



Рис. 4.1. Розподіл дерев за діаметрами стовбурів у СЗЗ Коксохімічного заводу, %

Як видно з рис. 4.2, у насадженні СЗЗ заводу Склофлюс найчисельнішою є група рослин, діаметр яких коливається від 20,1 до 24 см (11,95 % від загальної кількості дерев). В ній переважають *Ulmus parvifolia* та *Ailanthus altissima* (Додаток Б, табл. Б.2).



Рис. 4.2. Розподіл дерев за діаметром у СЗЗ підприємства Склофлюс, %

Дещо меншими є групи з величиною цього показника в межах 36,1 – 40,0 см та 28,1 – 32,0 (10,94 та 10,31 % відповідно від загального числа рослин у

насадженні). Найменша кількість рослин має такі ступені діаметрів – 88,1 – 92,0 (0,38 %), 72,1 – 46,0 (0,50 %) та 78,1 – 82,0 см (0,50 %). Це – найстаріші дерева в насадженні. Серед них переважають такі породи як *Ulmus parvifolia* та *Robinia pseudoacacia*.



Рис. 4.3. Розподіл дерев за діаметрами стовбурів у С33 підприємства Укрграфіт %

В С33 підприємства Укрграфіт переважаючою є група рослин з діаметрами 28,1 – 32,0 см (7,04 % від загальної кількості дерев), найчисельнішими в цій групі виявилися *Robinia pseudoacacia* та *Morus alba* (рис. 4.3). Майже стільки ж дерев з діаметрами 100,1 – 104,0 см. Це найстаріші дерева (*Populus alba*, *Robinia pseudoacacia*, *Ulmus carpinifolia* та *Ulmus laevis*). Чисельно дещо меншими є класи діаметрів з 8,1 – 12,0; 16,1 – 20,0 та 68,1 – 72,0 см (5,55; 6,62, та 5,34 % відповідно від загального числа рослин в насадженні). Найменша кількість рослин має діаметри 88,1–92,0 (1,07 %), 92,1–96,0 (1,50 %) та 84,1–88,0 см (1,60 %), в цих групах переважно такі види: *Ulmus laevis*, *Ulmus carpinifolia*, *Populus alba* та *Robinia pseudoacacia*. Максимальний діаметр дерев у С33 цього підприємства 104,1–108,0 см (*Populus alba*, *Populus nigra*, *Robinia pseudoacacia*, *Ulmus carpinifolia* та *Ulmus laevis*).

Дані з розподілу дерев насадження санітарної зони Трансформаторного заводу за діаметрами штамбу наведені на рис. 4.4 (Додаток Б, табл. Б.3). Домінантною є група рослин, діаметр яких коливається від 28,1 до 32 см (19,26

% від загальної кількості дерев). Найбільше особин зі стовбуром даної товщини серед таких порід як *Robinia pseudoacacia* та *Acer negundo*. На другому місці два класи з величинами цього показника в межах 24,1–28,0 см та 32,1–36,0 см (17,14 та 11,47 % відповідно від загальної кількості рослин у насадженні). Найменше число дерев виявлено в групах з діаметрами 88,1–92,0 та 84,1–88,0 см. До них входять всього 1 та 2 екземпляри рослин відповідно. В останньому класі з найбільшою товщиною стовбура (92,1–96,0 см) 5 шт. дерев, це такі породи: *Acer saccharinum*, *Quercus robur*, *Populus pyramidalis*.

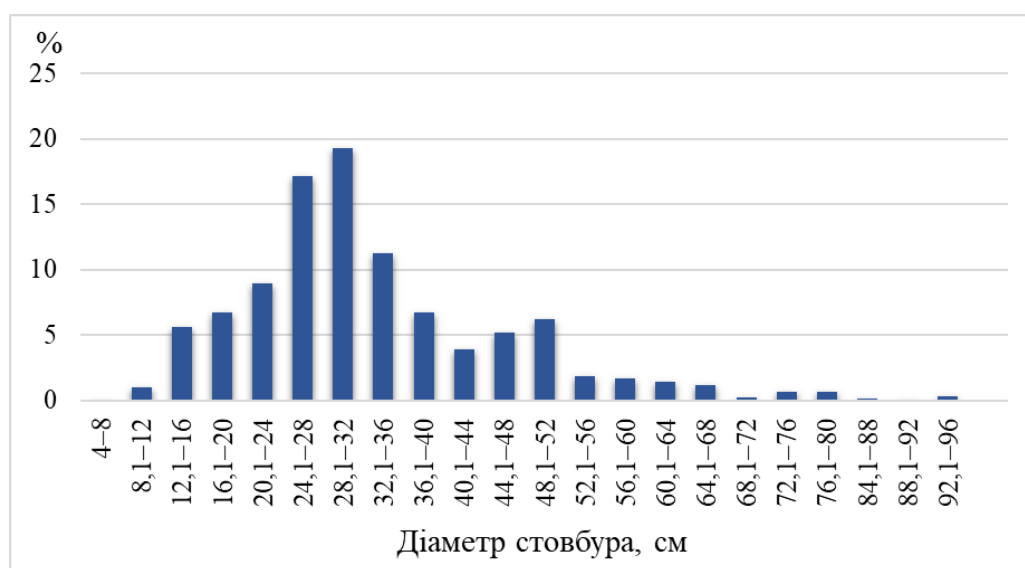


Рис. 4.4. Розподіл дерев за діаметрами стовбурів у С33 Трансформаторного заводу, %

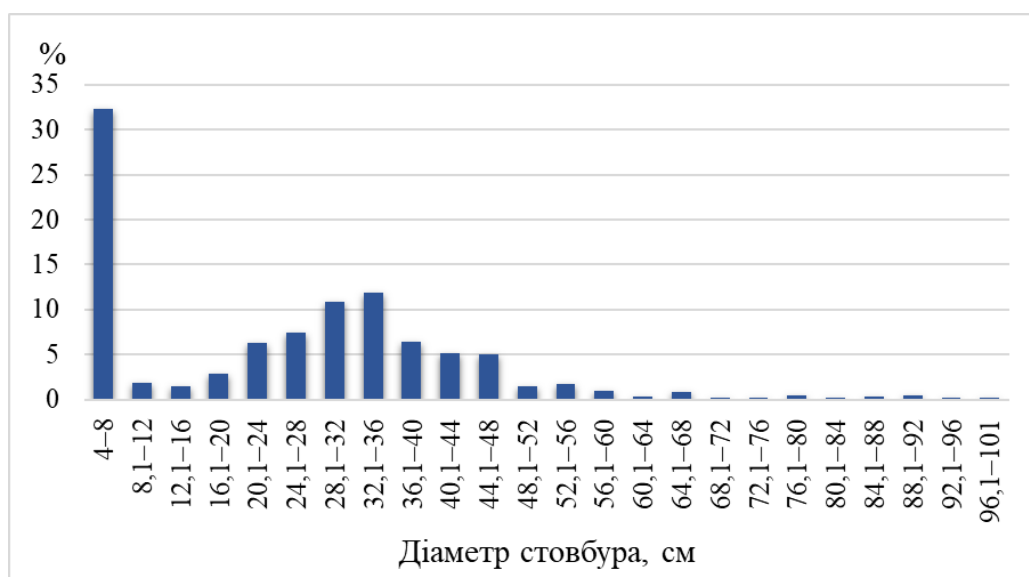


Рис. 4.5. Розподіл дерев за діаметрами стовбурів у С33 заводу Вогнетрив, %

В зеленому насадженні СЗЗ заводу Вогнетрив переважають рослини з діаметрами в межах 4,1–8,0 см (Додаток Б, табл. Б.4). В цю категорію віднесено 767 підросту, що виріс із самосіву (*Acer negundo*, *Ailanthus altissima*, *Robinia pseudoacacia* та *Ulmus carpinifolia*) та молоді висаджені в 2010 році дерева – (*Acer platanoides*, *Aesculus hippocastanum*, *Picea abies* та *Populus nigra*). Другою за чисельністю виявилась група с діапазоном цього показника 32,1 – 36 см (рис. 4.5). В ній переважають *Acer negundo*, *Populus alba*, *Robinia pseudoacacia* та *Ulmus carpinifolia*. Найменша частка рослин припадає на класи діаметрів 80,1–84,0 92,1–96,0, 96,1–100,0 та 72,1–76,0. Основні представники в цих групах – *Populus alba* та *Populus nigra*. В насадженні зростає двохстовбурне дерево *Acer negundo* з діаметрами 28 та 17 см.

Розподіл дерев СЗЗ Титано-магнієвого комбінату за ступенями діаметрів наведений на рис. 4.6 (Додаток Б, табл. Б.5).

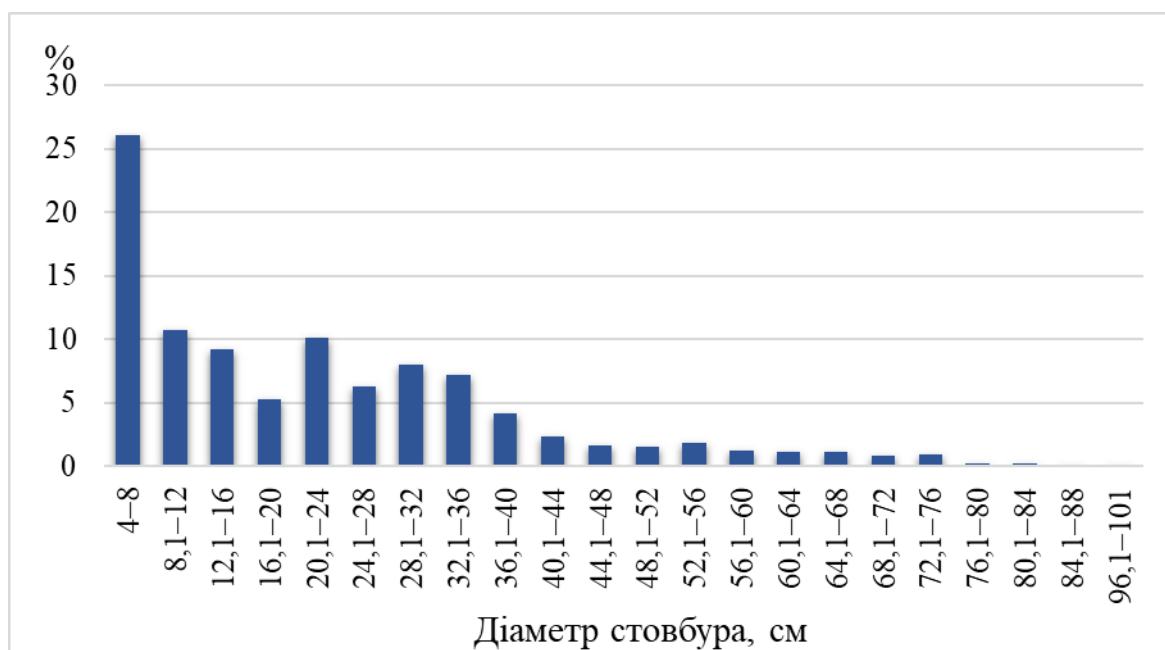


Рис. 4.6. Розподіл дерев за діаметрами стовбурів у СЗЗ Титано-магнієвий комбінату

Найчисельнішою є група рослин, діаметр яких коливається від 4,1 до 8,0 см (26,12 % від загальної кількості дерев). У найбільшій кількості в ній представлені *Ulmus carpinifolia*, *Robinia pseudoacacia*, *Ailanthus altissima* та *Acer negundo*. Слід зазначити, що в цій групі переважають рослини підросту насінневого походження. Дещо меншими за чисельністю є класи з величиною

діаметрів 8,1–12,0 та 20,1–24,0 см; 12,1–16,0 см (10,73, 10,08 та 9,21 % відповідно від загального числа рослин у насадженні). Найменша кількість рослин відноситься до класів з діаметрами 96,1–100,0 та 84,1–88,0 (0,04 %), 76,1–80,0; 80,1–84,0 (0,22 %), в них переважно такі види: *Populus alba*, *Ulmus carpinifolia*, *Populus alba* та *Robinia pseudoacacia*. Є дерево *Populus alba* з двома стовбурами, діаметр кожного 21 та 15 см.

Дані з розподілу дерев зеленого насадження СЗЗ Феросплавного заводу за ступеннями діаметра штамбу представлені на рис. 4.7 (Додаток Б, табл. Б.6). Переважаючою є група рослин, діаметр яких коливається від 28,1 до 32 см (13,87 % від загальної кількості дерев), найчисельнішими в цій групі виявилися *Robinia pseudoacacia* та *Ulmus parvifolia*. На другому місці – класи з величиною цього показника в межах 20,1–24,0, 16,1–20,0 см та 24,1–28,0 см, що становить 10,30, 9,34 та 9,16 % відповідно від загального числа рослин у насадженні. Вони включають майже однакову кількість дерев. Найменша кількість рослин відноситься до груп з діаметрами 84,1–88,0 (0,09 %), 80,1–84,0 см (0,26 %), 88,1–92,0 (0,35 %) та 72,1–76,0 (0,44 %). Максимальний діаметр стовбура – 88,1 – 92,0 см.



Рис. 4.7. Розподіл дерев за діаметрами стовбурів у СЗЗ Феросплавного підприємства, %

Як наслідок вегетативного відновлення в насадженні зростає декілька багатостовбурових рослин: *Ulmus parvifolia* – 30, та 24 см; 8, 12, 18 та 16 см; 20 та 21 см; 18 та 14 см; *Robinia pseudoacacia* – 15 та 20 см; 15 та 17 см; *Fraxinus lanceolata* – 15 та 30 см.

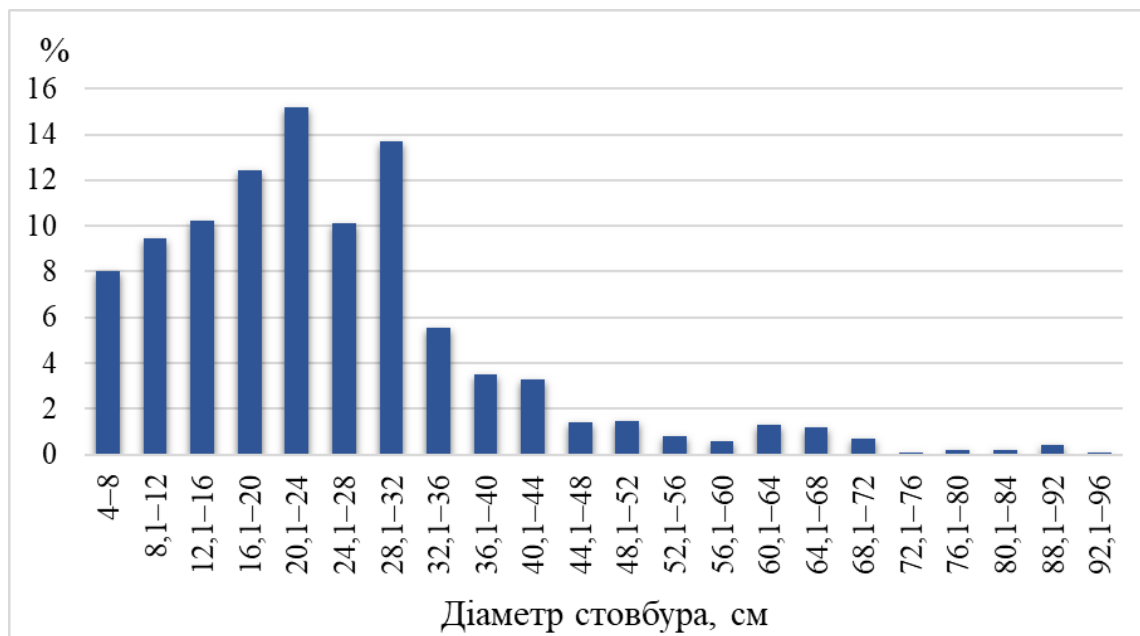


Рис. 4.8. Розподіл дерев за діаметрами стовбурів у СЗЗ Алюмінієвого комбінату, %

У СЗЗ Алюмінієвого комбінату виявлено найбільше дерев з діаметром в межах від 20,1 до 24,0 см (15,21 % від їх загальної кількості в деревостані) (Додаток Б, табл. Б.7). В цій групі в найбільшій кількості представлені *Ulmus carpinifolia* та *Robinia pseudoacacia* (рис. 4.8). Дещо меншими за чисельністю є ранги з величиною цього показника в межах 28,1–32,0 та 16,1–20,0 см (13,72 та 12,43 % відповідно від загального числа рослин в насадженні) (рис. 4.8). Найменша кількість рослин відноситься до ступенів діаметрів – 92,1–96,0 та 72,1–768,0 (0,10 %), 76,1 – 80,0; 80,1–84,0 (0,20 %). В них переважно такі види: *Populus alba*, *Ulmus carpinifolia*, *Salix alba* та *Robinia pseudoacacia*. Є дво- та тристовбурні рослини: *Salix alba* – 70 та 64 см; *Morus alba* – 20 та 22 см; 30 та 34 см; 18 та 26 см; 10 та 8 см; *Catalpa bignonioides* – 10, 12, 8 та 6 см; *Platanus acerifolia* – 49 та 12 см; *Ulmus carpinifolia* – 20 та 22см; 30 та 15см; 14 та 15 см; 17 та 12 см; 20 та 21 см; 22 та 24 см; 31 та 28 см; *Fraxinus lanceolata* – 22, 19 та 31;

Robinia pseudoacacia – 21 та 16 см; 8 та 8 см; 18 та 21 см; 20 та 22 см; 20, 16 та 9 см; 14, 17 та 32 см.



Рис. 4.9. Розподіл дерев за діаметрами стовбурів у С33 заводу Дніпроспецсталь, %

На рис. 4.9 (Додаток Б, табл. Б.8) представленні дані з розподілу дерев санітарно-захисного насадження заводу Дніпроспецсталь за діаметрами штамбу. Чисельно переважає група рослин, діаметр яких коливається від 20,1 до 24 см (17,10 % від загальної кількості дерев). У найбільшій кількості в цій групі представлені *Robinia pseudoacacia*, *Ulmus carpinifolia* та *Populus Simonii*. На другому місці ранги з величиною цього показника в межах 16,1–20,0 см; 24,1–28,0 см та 28,1–32 см (12,94; 11,86 та 10,89 % відповідно від загального числа дерев у насадженні). Кількості рослин, що представлені в кожній з них мало відрізняються.

Найменше число дерев відноситься до груп з діаметрами 60,1–64,0 (0,10 %), 56,1–60,0 (0,15 %) та 68,1– 72,0 см (0,31 %). У насадженні є рослини з трьома (*Ulmus carpinifolia* – 20, 14 та 24 см) та двома стовбурами (*Betula pendula* – 12 та 8 см; *Acer platanoides* – 12 та 24 см; *Ailanthus altissima* – 20 та 13 см).

У лісосмузі С33 Абразивного комбінату найчисельнішою є група рослин, діаметр яких коливається від 20,1 до 24 см (15,43 % від загальної кількості дерев) (Додаток Б, табл. Б.9).

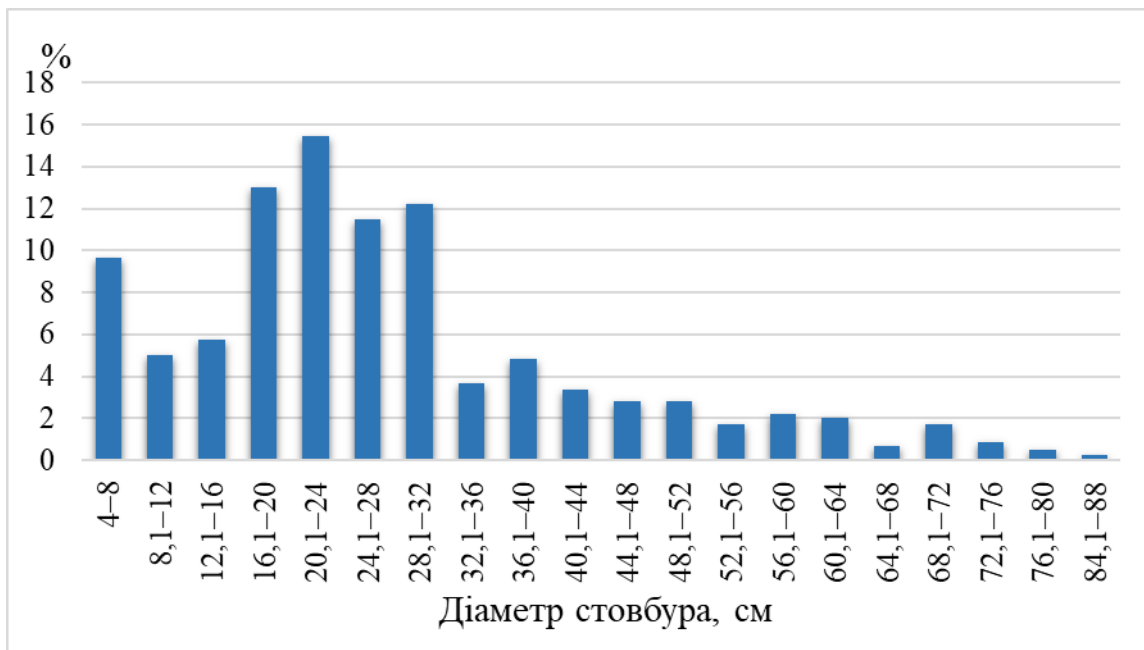


Рис. 4.10. Розподіл дерев за діаметрами стовбурів у СЗЗ Абразивного комбінату, %

В ній найбільш представлені такі породи: *Robinia pseudoacacia* та *Ulmus carpinifolia*. Дещо менше дерев у класах 16,1 – 20,0 см та 28,1 – 32,0; 28,1 – 28,0 см (13,02, 12,24 та 11,54 % відповідно від загальної кількості рослин в насадженні) (рис. 4.10). Малочисленні класи з діаметром 84,1 – 88,0 (0,23 %), 76,1 – 80,0 (0,47 %) та 64,1 – 68,0 см (0,70 %). В них переважають такі види: *Populus nigra*, *Populus alba* та *Robinia pseudoacacia*. У насадженні виявлені дво- та тристовбурні дерева – *Ulmus carpinifolia* – з діаметрами 10, 12 та 30 см і *Robinia pseudoacacia* – 20 та 26 см.

У зеленому насадженні СЗЗ заводу Запоріжсталь найбільше дерев, діаметр яких коливається від 4,1 до 8 см (29,24 % від загальної кількості) (Додаток Б, табл. Б.10). В ній переважають *Acer negundo*, *Ulmus carpinifolia* та *Ailanthus altissima*, причому найчисельніший підріст (905 шт.), який є результатом насінневого самовідновлення. Дещо менша кількісна представленість рослин у розрядах діаметрів 20,1 – 24,0 та 24,1 – 28,0 см (18,79, та 11,55 % відповідно від загального числа рослин в насадженні). Малочисельні є групи з діаметром 88,1 – 92,0 (0,02 %) 84,1–88,0 та 60,1–64,0 (0,07 %), 76,1 – 80,0 (0,09). В цій санітарній зоні зростає двостовбурне дерево *Acer negundo* з діаметрами 17 та 24 см.

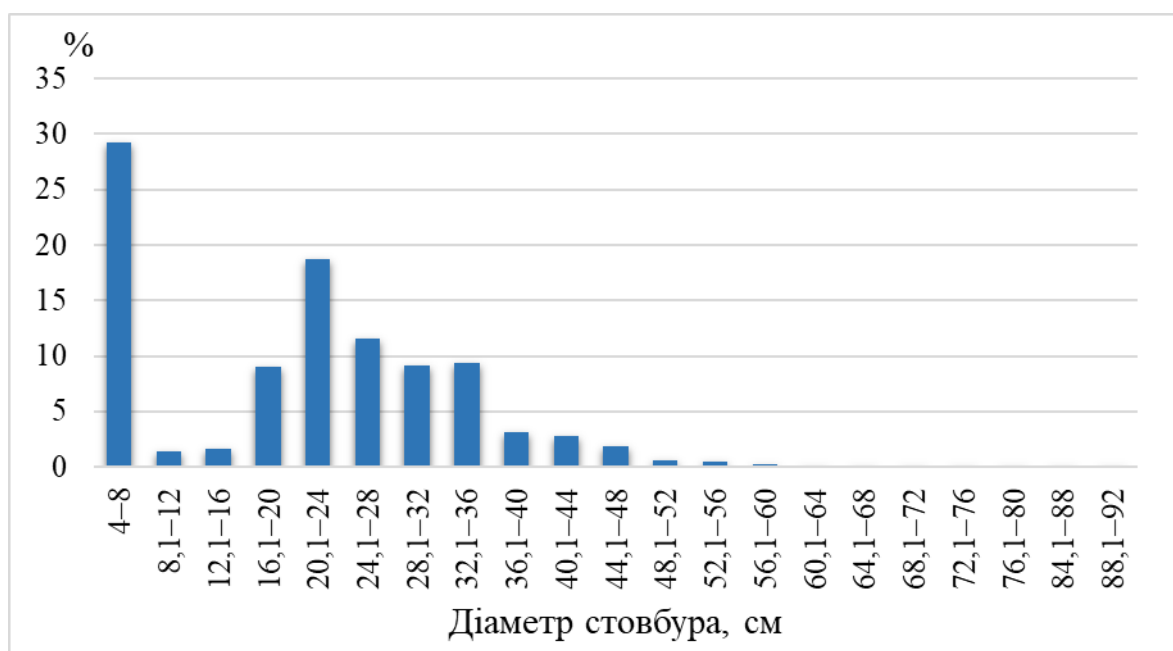


Рис. 4.11. Розподіл дерев за діаметрами стовбурів у СЗЗ підприємства Запоріжсталь, %

Таким чином, висота рослин, зростаючих у зелених лісосмугах підприємств Склофлюс та Коксохімічний не перевищує 16, а Феросплавного заводу – 18 м. Найбільша кількість молодих дерев висаджена в захисному насадженні Абразивного комбінату. Зелені зони таких підприємств як Запоріжсталь, Титано-магнієвий, Вогнетрив нараховують велику кількість підросту з самосіву, висота якого знаходиться в межах до 4,0 м та 4,1 – 6,0 м. Слід зазначити, що для тополі білої, яка зростає в санітарній зоні Титано-магнієвого комбінату характерна зрізана верхівка у 92 %.

Зі зведеної таблиці (Додаток Б, табл. Б.11) розподілу дерев за розрядами висот видно, що найвищі дерева зростають у санітарно-захисних насадженнях Трансформаторного заводу (20,1 – 26,0 м) та Український графіт (20,1 – 22,0 м) (табл. 4.12). Найменша максимальна висота дерев в СЗЗ заводів Коксохімічний, Запоріжсклофлюс та Феросплавів. На більшості інших підприємствах максимальна висота дерев 18,1 – 20,0 м. Причому найбільше таких рослин в СЗЗ підприємства Укрграфіту – 30,20 % та Абразивного комбінату – 22,17 %. Найменше їх в СЗЗ таких заводів як Дніпроспецсталь, Алюмінієвий – 0,05 %, 0,31 % відповідно. В зелених смугах СЗЗ заводів Коксохімічний та Склофлюс рослини вищі ніж 14,1 – 16,0 м відсутні. Найчисельнішим є клас висот 10,1 – 12,0 м у

насадженнях СЗЗ переважної кількості підприємств: Коксохімічний, Склофлюс, Дніпроспецсталь, Алюмінієвий комбінат, Феросплавів та Запоріжсталь. У СЗЗ заводів Абразивного, Запоріжсталь, Трансформаторного та Вогнетрив кількість дерев найбільша у розряді висот 16,1 – 18,0 м. Зелені насадження СЗЗ таких підприємств як Титано-магнієвий комбінат, Запоріжсталь та Вогнетрив характеризуються великою кількістю дерев у розряді висот 4,1 – 6,0 м. Це головним чином – підріст *Acer negundo*, *Ailanthus altissima*, *Ulmus carpinifolia* та *Robinia pseudoacacia*.

Рослини з найбільшими діаметрами стовбура виявлені в СЗЗ заводу Укрграфіт – діаметр деяких екземплярів сягає 112 см (*Populus nigra*, *Populus alba*, *Ulmus carpinifolia*, *Ulmus laevis* та *Robinia pseudoacacia*). Дещо менші максимальні діаметри у дерев СЗЗ заводів Коксохімічний (98,1 – 102,0). Найменший цей показник у рослин СЗЗ заводу Дніпроспецсталь – 68,1 – 72,0. Серед дерев з найтовстішими стовбурами у всіх зелених насадженнях СЗЗ переважають *Populus nigra*, *Populus alba*, *Ulmus carpinifolia* та *Robinia pseudoacacia*.

У СЗЗ таких підприємств як Титано-магнієвий, Вогнетрив та Запоріжсталь зростає велика кількість підросту насінневого походження, тому в цих насадженнях нараховується значна кількість рослин з діаметрами 4,1–8,0 см. Максимальна кількість екземплярів, серед провідних порід *Ulmus carpinifolia* та *Robinia pseudoacacia*, в СЗЗ досліджуваних підприємств входить до таких класів діаметрів: 20,1 –24,0; 24,1 – 28,0; 28,1 – 32,0; 32,1 –36,0.

Висновки до розділу

1. Найвищі дерева провідних порід (*Ulmus carpinifolia* та *Robinia pseudoacacia*) у захисних насадженнях СЗЗ заводів Трансформаторного та Укрграфіт – 20,1 – 26,0 м. У зелених зонах більшості підприємств їх максимальна висота 18,1 – 20,0 м. У деревостанах СЗЗ заводів Склофлюс та Коксохімічний найбільша висота рослини – 14,1 – 16,0 м, Феросплавів – 16,1 – 18,0 м.

2. У насадженнях СЗЗ підприємств Коксохімічний, Склофлюс, Дніпроспецсталь, Алюмінієвий та Феросплавів домінуючим є клас висот 10,1 – 12,0 м, для захисних насаджень заводів Абразивного, Запоріжсталь, Трансформаторного та Вогнетрив – 16,1 – 18,0 м.

3. Дерева з найбільшими діаметрами стовбура зустрічаються в СЗЗ заводу Укрграфіт (до 112 см), а найменша їх максимальна величина, порівняно з захисними насадженнями інших обстежених СЗЗ, встановлена у зелених масивах заводу Дніпроспецсталь – 68,1 – 72,0 см. Дещо більші ці показники у рослин захисних лісосмуг Абразивного заводу – 84,1 – 88,0 см, та Запоріжсталь, Феросплавний, Склофлюс – 88,1 – 92,0 см. Головними деревними породами з найтовстішими стовбурами у всіх зелених насадженнях СЗЗ є *Populus nigra*, *Populus alba*, *Ulmus carpinifolia* та *Robinia pseudoacacia*.

4. Максимальна кількість дерев провідних порід *Ulmus carpinifolia* та *Robinia pseudoacacia* СЗЗ досліджуваних підприємств входить до таких класів діаметрів: 20,1 – 24,0; 24,1 – 28,0; 28,1 – 32,0 і таких розрядів висот – 10,1 – 12,0; 14,1 – 16,0; 16,1 – 18,0.

5. Найбільші значення середньої висоти і діаметра властиві деревним рослинам зелених насаджень СЗЗ заводу Трансформаторний (17,8 м й 38,4 см), найменші – Коксохімічний (10,2 м й 28,4).

Перелік посилань за матеріалами розділу: [218, 277, 288, 289, 290, 294, 323].

РОЗДІЛ 5

ДІАГНОСТИКА ЖИТТЄВОГО СТАНУ РОСЛИН У СЗЗ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

5.1 Оцінка життєвого стану дерев та деревостанів

З теоретичної та практичної точок зору під час комплексного вивчення штучних деревних насаджень у промислових регіонах важливим є з'ясування їхнього інтегрального стану як індикатора перспективності подальшого функціонування. При цьому визначення життєвого стану зелених насаджень дає змогу здійснити комплексну оцінку фактичної життєздатності за умов негативного впливу антропогенних чинників [261], особливо інгредієнтів промислових викидів. Проведений аналіз наукової літератури показав, що забруднення довкілля викликає погіршення життєвого стану деревних рослин [135, 258, 259, 261, 289]. Рівень зниження життєвості залежить від умов зростання, якісного та кількісного складу поллютантів та їх співвідношення, кліматичних умов, відповідності рослин екологічним умовам зростання. Від життєвого стану рослин залежить їх довговічність, естетичний вигляд, здатність успішно виконувати санітарно-гігієнічні функції.

Тому нами проведено аналіз життєвого стану деревних рослин СЗЗ одинадцяти підприємств різних класів шкідливості.

Розподіл рослин СЗЗ Коксохімічного підприємства за категоріями життєвого стану представлено в табл. 5.1. Без ознак ослаблення виявилось 8,87 % дерев від загальної їх кількості у насадженні. До цієї категорії стану входять частка рослин *Ailanthus altissima*, *Ulmus parvifolia*, *Catalpa bignonioides*, *Morus alba* та *Robinia pseudoacacia*. До першої категорії (помірно ослаблені) віднесена найбільша кількість дерев насадження – 51,55 %. Ці дерева мають до 25 % сухих гілок, листя зелене, крона слабо ажурна, приріст ослаблений порівняно з нормальним, зустрічаються механічні пошкодження гілок та стовбура. Найчисельнішими у цій категорії виявилися *Ailanthus altissima*, *Betula pendula*,

Catalpa bignonioides, *Populus simonii*, *Robinia pseudoacacia*, *Ulmus parvifolia*, *Ulmus laevis* та *Populus alba*.

Таблиця 5.1

Розподіл дерев СЗЗ Коксохімічного заводу за життєвим станом

| Назва рослин | Категорія життєвого стану дерев | | | | | | |
|---------------------------------------|---------------------------------|-----------|----------|----------|--------|---------|--------|
| | 0 | I | II | III | IV | V | VI |
| <i>Acer platanoides</i> | | | 5/100 | | | | |
| <i>Ailanthus altissima</i> | 11/6,18 | 126/70,79 | 37/20,79 | 2/1,12 | 2/1,12 | | |
| <i>Betula pendula</i> | | | | 45/97,82 | | 1/2,18 | |
| <i>Catalpa bignonioides</i> | 6/4,32 | 53/38,12 | 76/56,83 | | 4/2,87 | | |
| <i>Elaeagnus angustifolia</i> | | | 1/100 | | | | |
| <i>Morus alba</i> | 11/28,20 | 13/33,33 | 10/25,64 | 5/12,82 | | | |
| <i>Populus alba</i> | | | 7/87,5 | | 1/12,5 | | |
| <i>Populus simonii</i> | | 2/100 | | | | | |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | 15/9,14 | 121/73,78 | 17/10,36 | 8/4,88 | | 3/1,83 | |
| <i>Quercus robur</i> | | 1/100 | | | | | |
| <i>Ulmus parvifolia</i> | 43/15,52 | 135/48,73 | 80/28,88 | 4/1,44 | 3/1,09 | 12/4,32 | |
| <i>Ulmus laevis</i> | | 49/44,54 | 40/36,36 | 8/7,27 | 1/0,91 | 8/7,26 | 4/3,64 |
| Всього, шт. | 86 | 500 | 273 | 72 | 11 | 24 | 4 |
| % від загальної кількості екземплярів | 8,87 | 51,55 | 28,14 | 7,43 | 1,13 | 2,47 | 0,41 |

Примітка: чисельник – кількість дерев, шт.; знаменник – % від числа рослин даного виду

Для II-ї категорії стану (середньо ослаблені) характерні будь-які з таких ознак: дрібне або більш освітлене листя, що передчасно опадає, наявність сухих гілок (25 – 50 %), зріджена крона. До неї відноситься 273 дерев, що становить 28,14 % від загальної їх кількості у насадженні. В цю групу входить більше половини рослин *Catalpa bignonioides* та від 20 до 40 % *Morus alba*, *Ailanthus altissima*, *Ulmus parvifolia*, *Ulmus laevis*. До третьої категорії віднесено 7,43 % дерев у захисному насадженні досліджуваного підприємства. В ній переважають *Betula pendula* – 97,82 % від числа рослин даного виду. Всього 1,13 % дерев включено до IV-ї категорії, та 2,47 % – до V-ї (свіжий сухостій). Найчисельнішими в цій групі виявились – *Ulmus parvifolia* 8 шт. та *Ulmus laevis* – 12 шт. Сухостій минулих років (VI-а категорія) представлений 4-ма екз. *Ulmus laevis* [285].

Отже, найбільший відсоток дерев насадження віднесено до I категорії стану – помірно ослаблені, а разом з деревами без ознак ослаблення це становить 60,42%, сильно ослаблених рослин та всихаючих відносно мало – 4,01 %. До

стійких порід даної СЗЗ підприємства віднесені *Ailanthus altissima*, *Ulmus parvifolia* та *Robinia pseudoacacia*.

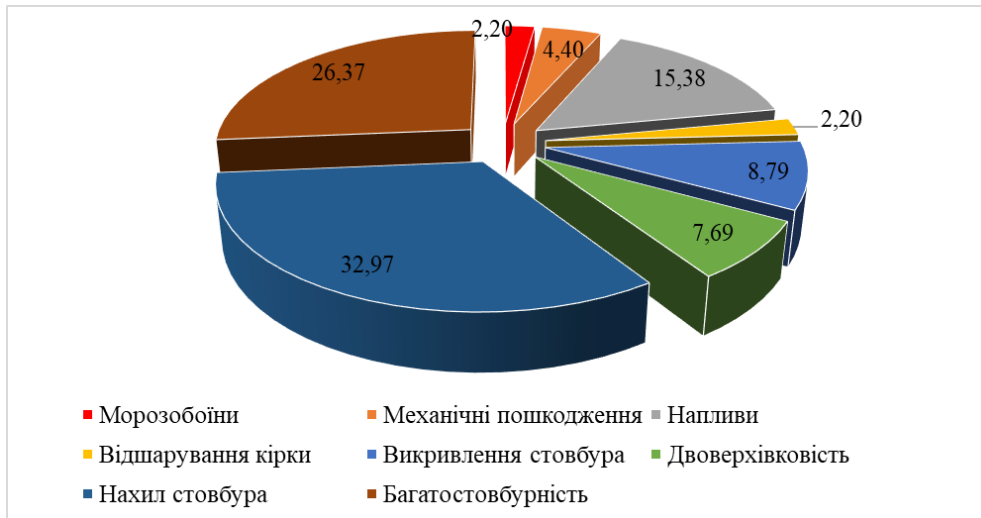


Рис. 5.1. Частка різних патологій стовбурів рослин захисного насадження Коксохімічного підприємства від їх загальної кількості, %

Оцінка стану стовбурів деревних рослин СЗЗ Коксохімічного підприємства наведена в таблиці 5.1. Серед різних видів патологій переважають нахил стовбура – 32,97 %, багатостовбурність – 26,37 %, напливи – 15,38 %, викривлення стовбура – 8,79 %, двоверхівковість – 7,69 %, механічні пошкодження 4,40 %, відшарування кірки та морозобоїни – по 2,20 %. Багатостовбурність спостерігається переважно у представників в'язових.

Таблиця 5.2

Розподіл дерев СЗЗ заводу Склофлюс за життєвим станом

| Назви рослин | Категорія життєвого стану дерев | | | | | | |
|-----------------------------|---------------------------------|-----------|----------|--------|---------|--------|--------|
| | 0 | I | II | III | IV | V | VI |
| <i>Acer pseudoplatanus</i> | | 2/100 | | | | | |
| <i>Ailanthus altissima</i> | 16/10,81 | 128/86,49 | 4/2,68 | | | | 1/0,61 |
| <i>Morus alba</i> | | 9/81,82 | | 1/9,09 | | 1/9,09 | |
| <i>Populus alba</i> | | 2/100 | | | | | |
| <i>Populus simonii</i> | | 1/100 | | | | | |
| <i>Pyrus communis</i> | | 1/100 | | | | | |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | 1/4 | 22/88 | | | | 2/8 | |
| <i>Ulmus carpiniifolia</i> | 1/3,33 | 23/76,66 | | 1/3,33 | 4/13,33 | 1/3,33 | |
| <i>Ulmus laevis</i> | 6/60 | 2/20 | | | | 1/10 | 1/10 |
| <i>Ulmus parvifolia</i> | 22/3,90 | 442/78,37 | 89/15,78 | 3/0,53 | 5/0,89 | 2/0,35 | 1/0,18 |
| Всього, шт. | 46 | 632 | 93 | 5 | 9 | 7 | 3 |
| % від заг. к-ті екз. | 5,79 | 79,50 | 11,70 | 0,63 | 1,13 | 0,88 | 0,38 |

Примітка: чисельник – кількість дерев, шт.; знаменник – % від числа рослин даного виду

Діагностовано, що 5,79 % дерев від загальної їх кількості у насадженні СЗЗ підприємства Склофлюс без ознак ослаблення (табл. 5.2). У цій категорії переважають: *Ailanthus altissima* – 16 шт. (10,81 % від числа дерев цього виду), *Ulmus parvifolia* – 22 шт. (3,90 %), *Ulmus laevis* – 6 шт. (60 %). Кількість дерев I категорії життєвого стану даного зеленого насадження дорівнює – 79,50 %, що відповідає оцінці помірно ослаблені. Найчисельнішими у цій категорії виявилися *Ulmus carpinifolia*, *Ulmus parvifolia*, *Robinia pseudoacacia*, *Morus alba* та *Ailanthus altissima*.

До II категорії стану (середньо ослаблені) відноситься 93 дерева, що становить 11,70 % від загальної кількості екземплярів, які належать до двох видів: *Ulmus parvifolia* – 89 та *Ailanthus altissima* – 4 шт.

Всього 0,63 % дерев включено до III категорії, 1,13 % – до IV, та 3 екземпляри до VI (сухостій минулих років). До категорії, яка оцінена як свіжий сухостій (V категорія), віднесено 0,88 % від числа рослин.

Отже, 3,02 % дерев мають незадовільний життєвий стан. До стійких порід даної СЗЗ підприємства віднесені *Ailanthus altissima*, *Ulmus parvifolia*, *Robinia pseudoacacia*.

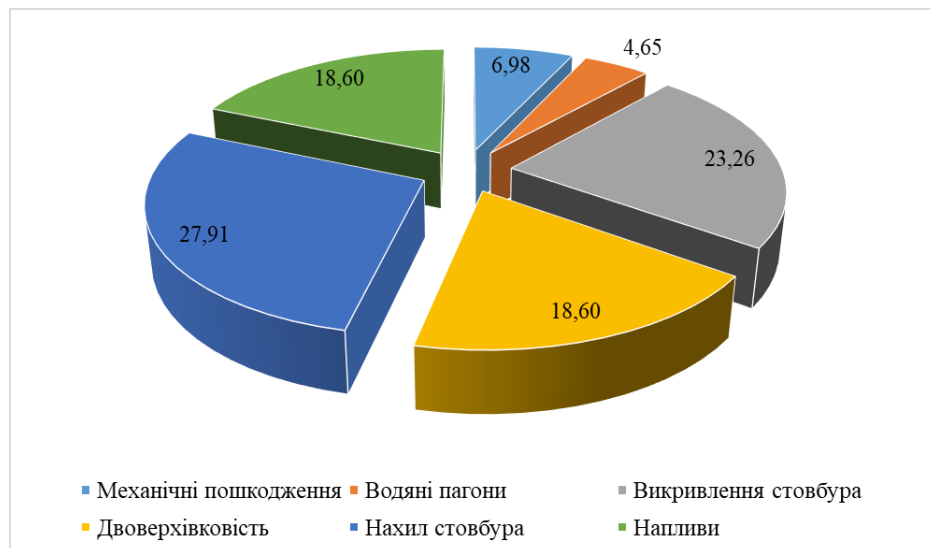


Рис. 5.2. Частка різних видів патологій стовбурів рослин захисного насадження підприємства Склофлюс від їх загальної кількості, %

Оцінка стану стовбурів деревних рослин СЗЗ підприємства Склофлюс наведена в таблиці 5.2. Найчастіше зустрічаються нахил стовбура – 27,91 %, його

викривлення – 23,26 %, напливи та двоверхівковість – 18,60 %, механічні пошкодження – 6,98 %, водяні пагони – 4,65 %.

Показники життєвого стану зеленого насадження підприємства Укрграфіт наведено в таблиці 5.3. Загалом в категорію без ознак ослаблення увійшло 13,02 % дерев, зростаючих у цій лісосмузі. Найбільший відсоток рослин цієї категорії виявлено серед особин *Ailanthus altissima* – 31 шт. (58,49 % від числа дерев цього виду), *Robinia pseudoacacia* – 36 шт. (9,86 %), *Fraxinus lanceolata* – 15 шт. (40,54 %). Максимальна кількість дерев насадження віднесена до першої категорії (помірно ослаблені) – 61,58 %. Головними у цій категорії є *Robinia pseudoacacia*, *Ulmus carpinifolia*, *Ulmus laevis* та *Populus alba* [289].

Таблиця 5.3

Розподіл дерев СЗЗ заводу Укрграфіт за життєвим станом

| Назва рослин | Категорія життєвого стану дерев | | | | | | |
|---------------------------------------|---------------------------------|-----------|----------|----------|--------|--------|--------|
| | 0 | I | II | III | IV | V | VI |
| <i>Acer negundo</i> | 2/100 | | | | | | |
| <i>Acer platanoides</i> | 3/23,08 | 8/61,54 | 1/7,69 | | 1/7,69 | | |
| <i>Ailanthus altissima</i> | 31/58,49 | 22/41,51 | | | | | |
| <i>Catalpa bignonioides</i> | | 1/100 | | | | | |
| <i>Elaeagnus angustifolia</i> | | 1/100 | | | | | |
| <i>Fraxinus lanceolata</i> | 15/40,54 | 22/59,46 | | | | | |
| <i>Juglans regia</i> | | 4/44,44 | 5/55,56 | | | | |
| <i>Malus domestica</i> | | 4/100 | | | | | |
| <i>Morus alba</i> | 9/7,46 | 40/34,48 | 51/43,97 | 15/12,93 | | | 1/0,86 |
| <i>Populus alba</i> | | 48/68,57 | 12/17,14 | 10/14,29 | | | |
| <i>Populus simonii</i> | | 2/50 | 1/25 | 1/25 | | | |
| <i>Populus nigra</i> | | 2/66,67 | 1/33,33 | | | | |
| <i>Populus pyramidalis</i> | | | 1/100 | | | | |
| <i>Pyrus communis</i> | 1/100 | | | | | | |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | 36/9,86 | 250/68,49 | 63/17,26 | 11/3,01 | 4/1,10 | 1/0,27 | |
| <i>Salix alba</i> | | 2/100 | | | | | |
| <i>Thuja orientalis</i> | 4/100 | | | | | | |
| <i>Tilia cordata</i> | | 6/85,71 | 1/14,29 | | | | |
| <i>Ulmus carpinifolia</i> | 15/8,20 | 121/66,12 | 36/19,67 | 7/3,83 | | 1/0,55 | 3/1,64 |
| <i>Ulmus laevis</i> | 6/9,84 | 44/72,13 | 8/13,11 | 3/4,92 | | | |
| Всього, шт. | 122 | 577 | 180 | 47 | 5 | 2 | 4 |
| % від загальної кількості екземплярів | 13,02 | 61,58 | 19,21 | 5,02 | 0,53 | 0,21 | 0,43 |

Примітка: чисельник – кількість дерев, шт.; знаменник – % від числа рослин даного виду

До категорії середньо ослаблені відноситься 180 дерев, що становить 19,21 % від загальної їх кількості у насадженні. Більше половини рослин *Morus alba* та від 20 до 30 % *Ulmus carpinifolia*, *Ulmus laevis*, *Robinia pseudoacacia* входять в цю групу. Третю категорію життєвого стану мають 47 дерев (5,02 % від числа рослин в насадженні). Лише 0,53 % дерев включено до IV категорії, та 0,21 % – до V (свіжий сухостій). Сухостій минулих років (VI категорія) представлений 4-ма шт.

Отже до найбільш стійких порід захисного насадження даного підприємства можна віднести: *Ailanthus altissima*, *Morus alba*, *Fraxinus lanceolata*, *Ulmus carpinifolia*, *Ulmus laevis*, *Robinia pseudoacacia*.

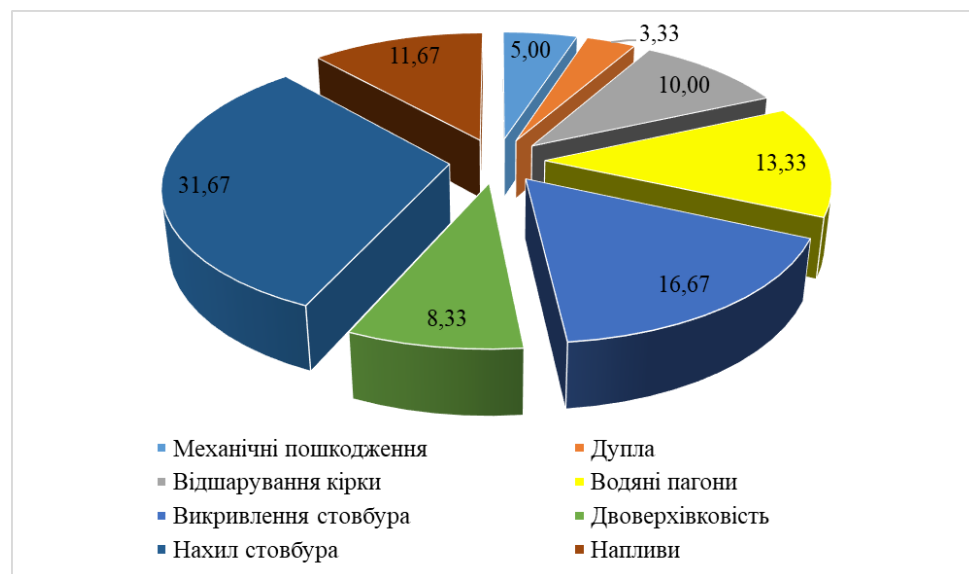


Рис. 5.3. Частка різних видів патологій стовбурів рослин захисного насадження підприємства Укрграфіт від їх загальної кількості, %

Оцінка патології стовбурів деревних рослин санітарно-захисної зони підприємства Укрграфіт наведена на рис. 5.3. Серед різних видів пошкоджень переважають нахил стовбура – 31,67 % та його викривлення – 16,67 %, водяні пагони – 13,33 %, напливи – 11,67 %, відшарування кірки – 17 %, водяні пагони – 13 %; відшарування кірки – 10,00 %, механічні пошкодження – 5,00 % та дупла – 3,33 %.

Розподіл рослин СЗЗ Феросплавного заводу за категоріями фітосанітарного стану представлено у табл. 5.4. Без ознак ослаблення виявлено 8,61 % дерев від загальної їх кількості у насадженні Феросплавного підприємства. В цій групі переважають *Robinia pseudoacacia*, *Ailanthus altissima* та *Ulmus parvifolia*. До

групи помірно ослаблені віднесена найбільша кількість дерев насадження – 59,75 %. Головними в цій категорії виявилися *Ailanthus altissima*, *Robinia pseudoacacia*, *Ulmus parvifolia*, *Populus alba*, *Ulmus carpinifolia*, *Catalpa bignonioides*, *Morus alba* всі екземпляри *Fraxinus lanceolata*.

Таблиця 5.4

Розподіл дерев СЗЗ Феросплавного заводу за життєвим станом

| Назва рослин | Категорія життєвого стану дерев | | | | | | |
|-------------------------------|---------------------------------|-----------|-----------|---------|--------|---------|--------|
| | 0 | I | II | III | IV | V | VI |
| <i>Ailanthus altissima</i> | 4/40 | 6/60 | | | | | |
| <i>Betula pendula</i> | | | 2/100 | | | | |
| <i>Catalpa bignonioides</i> | | 5/45,45 | 6/54,54 | | | | |
| <i>Elaeagnus angustifolia</i> | | 1/50 | | 1/50 | | | |
| <i>Fraxinus lanceolata</i> | | 2/100 | | | | | |
| <i>Malus domestica</i> | | | 1/100 | | | | |
| <i>Morus alba</i> | 3/60 | 2/40 | | | | | |
| <i>Populus alba</i> | | 4/50 | 1/12,50 | 3/37,50 | | | |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | 43/9,82 | 333/76,02 | 51/11,64 | 4/0,91 | 1/0,23 | 6/1,37 | |
| <i>Salix alba</i> | | | 1/100 | | | | |
| <i>Ulmus carpinifolia</i> | 2/7,41 | 10/37,03 | 7/25,93 | 8/29,62 | | | |
| <i>Ulmus parvifolia</i> | 46/7,29 | 317/50,23 | 251/39,77 | 5/0,79 | 1/0,16 | 10/1,58 | 1/0,16 |
| Всього, шт. | 98 | 680 | 320 | 21 | 2 | 16 | 1 |
| % від заг. к-ті екз. | 8,61 | 59,75 | 28,12 | 1,85 | 0,18 | 1,44 | 0,09 |

Примітка: чисельник – кількість дерев, шт.; знаменник – % від числа рослин даного виду

Оцінку II (середньо ослаблені), мають 28,12 % дерев, від їх загальної кількості в насажденні. В цій групі максимальна кількість таких рослин як *Ulmus parvifolia*, *Robinia pseudoacacia*, *Ulmus carpinifolia*, *Catalpa bignonioides*, *Salix alba*. До III категорії віднесено 1,85 % дерев, зростаючих у СЗЗ даного підприємства. Головними представниками є: *Ulmus carpinifolia*, *Populus alba* та *Elaeagnus angustifolia*. В VI та IV категорію віднесено по 1 екземпляру *Ulmus parvifolia*. Всього 1,41 % дерев (16 штук) включено до V-ї категорії. В цій групі 10 шт. – *Ulmus parvifolia* та 6 шт. *Robinia pseudoacacia*, що пояснюється дуже великою кількістю рослин даного виду в зеленому насажденні (631 та 438 екз. відповідно).

Отже, до найбільш стійких порід захисного насадження даного підприємства можна віднести: *Ulmus parvifolia* та *Robinia pseudoacacia*. На жаль, інших видів рослин у насажденні мало, через що їх список такий малий.

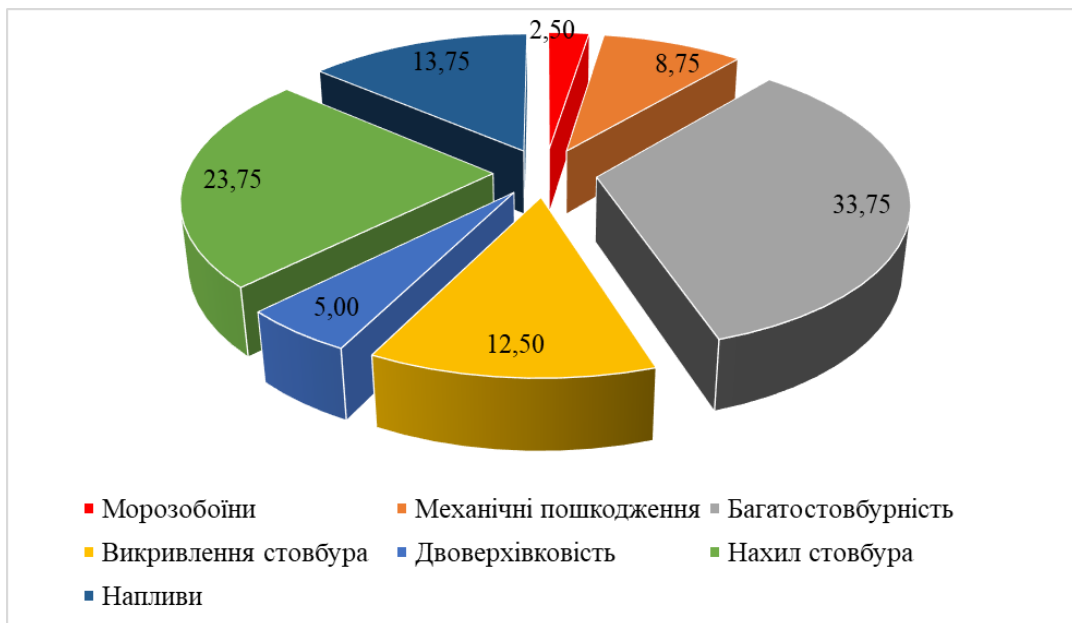


Рис. 5.4. Частка різних видів патологій стовбурів рослин захисного насадження Феросплавного заводу від їх загальної кількості, %

Оцінка ушкоджень стовбурів деревних рослин санітарно-захисної зони Феросплавного підприємства наведена на рис 5.4. В більшості це фаутиність: викривлення (12,50 %) на нахил стовбура – 23,75 %, багатостовбурність – 33,75 %, напливи – 13,75 %, механічні пошкодження – 8,75 %, двоверхівковість – 5,00 %, морозобоїни – 2,50 %.

Розподіл рослин, у тому числі самосіву, СЗЗ заводу Вонетрив за категоріями життєвого стану представлено у табл. 5.5 та 5.6. Згідно зі шкалою категорій стану, 6,36 % дерев від загальної їх кількості у насадженні не мали ознак ослаблення. Найбільший відсоток рослин віднесених до цієї групи виявлено серед таких видів: *Ailanthus altissima* – 65 шт. (95,59 % від числа дерев цього виду), *Robinia pseudoacacia* – 47 шт. (7,36 %).

Максимальна кількість дерев захисного насадження заводу Вонетрив – 53,82 % належить до першої категорії життєвого стану (помірно ослаблені). *Robinia pseudoacacia*, *Ulmus carpinifolia*, *Acer negundo* та *Populus alba* виявилися найчисельнішими у цій категорії.

У II категорії життєвого стану (середньо ослаблені) переважаючими породами є *Ulmus carpinifolia* та *Populus alba* – 440 та 107 екземплярів, що становить 77,46 й 36,52 % від числа дерев в зеленій смузі.

Таблиця 5.5

Розподіл дерев СЗЗ заводу Вогнетрив за життєвим станом

| Назви рослин | Категорія життєвого стану дерев | | | | | | |
|-------------------------------|---------------------------------|-----------|-----------|----------|--------|--------|--------|
| | 0 | I | II | III | IV | V | VI |
| <i>Acer negundo</i> | 2/1,20 | 112/67,47 | 38/22,89 | | 4/2,41 | 4/2,41 | 6/3,61 |
| <i>Acer platanoides.</i> | | 14/30,43 | 25/54,35 | 6/13,04 | | | 1/2,17 |
| <i>Aesculus hippocastanum</i> | | | 16/100 | | | | |
| <i>Ailanthus altissima</i> | 65/95,59 | 1/1,47 | 1/1,47 | | | | 1/1,47 |
| <i>Betula pendula</i> | | 4/36,36 | 7/63,64 | | | | |
| <i>Catalpa bignonioides</i> | | | 5/100 | | | | |
| <i>Elaeagnus angustifolia</i> | 1/16,67 | 4/66,66 | | 1/16,67 | | | |
| <i>Fraxinus lanceolata</i> | | 5/83,33 | 1/16,67 | | | | |
| <i>Juglans regia</i> | 1/50 | | 1/50 | | | | |
| <i>Morus alba</i> | 3/16,67 | 15/83,33 | | | | | |
| <i>Picea abies</i> | | | 3/100 | | | | |
| <i>Picea pungens</i> | | 10/100 | | | | | |
| <i>Platanus acerifolia</i> | 1/100 | | | | | | |
| <i>Populus alba</i> | 4/1,37 | 182/62,12 | 107/36,52 | | | | |
| <i>Populus nigra</i> | | | 46/95,83 | | 1/2,08 | | 1/2,08 |
| <i>Populus simonii</i> | | 21/52,50 | 4/10,0 | 14/35,00 | | | 1/2,50 |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | 47/7,36 | 556/87,01 | 32/5,01 | | | 1/0,16 | 3/0,47 |
| <i>Salix alba</i> | | 1/100 | | | | | |
| <i>Tilia cordata</i> | | | 2/100 | | | | |
| <i>Ulmus carpinifolia</i> | | 124/21,83 | 440/77,46 | | 1/0,18 | 3/0,53 | |
| Всього, шт | 124 | 1049 | 728 | 21 | 6 | 8 | 13 |
| % від заг. к-ті екз. | 6,36 | 53,82 | 37,35 | 1,08 | 0,31 | 0,41 | 0,67 |

Примітка: чисельник – кількість дерев, шт.; знаменник – % від числа рослин даного виду

Таблиця 5.6

Розподіл самосіву СЗЗ заводу Вогнетрив за життєвим станом

| Назва рослин | Категорія життєвого стану дерев | | | |
|-----------------------------|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| | 0 | I | II | III |
| <i>Acer negundo</i> | 208/34,90 | 155/26,00 | 128/21,47 | 105/17,61 |
| <i>Acer platanoides</i> | 10/33,33 | 20/66,67 | | |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | 24/60 | 16/40 | | |
| <i>Ulmus carpinifolia</i> | | 101/100 | | |
| Всього, шт. | 242 | 292 | 128 | 105 |
| % від заг. к-ті екз. | 31,55 | 38,07 | 16,69 | 13,69 |

Примітка: чисельник – кількість дерев, шт.; знаменник – % від числа рослин даного виду

До III категорії віднесено 14 шт. – *Populus simonii*, 6 шт. – *Acer platanoides* та 1 шт. – *Elaeagnus angustifolia*. Всього 0,31 % рослин включено (6 шт.) до IV категорії, та 0,41 (8 шт.) – до V. Сухостій минулих років (VI категорія) представлений 13-ма деревами – 0,67 % від їх загальної кількості в насаджені.

До стійких порід захисного насадження даного підприємства можна віднести: *Ailanthus altissima*, *Ulmus carpinifolia*, *Populus alba*, *Robinia pseudoacacia*.

Оскільки в зеленій смузі СЗЗ заводу Вогнетрив дуже велика кількість підросту деревних рослин, ми визначили категорії його життєвого стану (табл. 5.6). Майже однаковий відсоток віднесено до 0 і I категорій – 31,55 та 38,07 %. До другої категорії життєвого стану віднесено 16,69 %, до третьої – 13,69 %. Найбільша кількість сильно ослаблених та всихаючий підріст виявлено серед особин *Acer negundo*. Отже, більша частина самосіву знаходиться у відносно доброму стані.

Оцінка патологій стовбура деревних рослин СЗЗ підприємства Вогнетрив наведена в рис. 5.5. Переважають нахил стовбура – 68,18 %, його викривлення та двоверхівковість – 11,36 %, багатостовбурність й механічні пошкодження – 2,27 %; морозобоїни – 4,55 %.

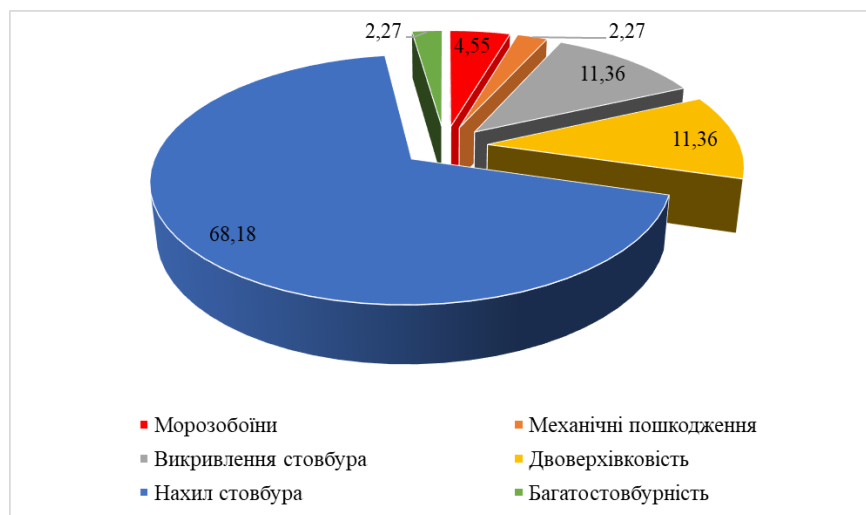


Рис. 5.5 – Частка різних видів патологій стовбурів рослин захисного насадження заводу Вогнетрив від загальної їх кількості, %

Самосів, який зростає на території підприємства Запоріжсталь, розподілений за категоріями наступним чином до 0-ї категорії віднесено 27,09 %, I-ї 19,21 %, II-ї 36,41 % та III-ї 17,28 %. Найбільше підросту рослин в III-й категорії (сильно ослаблені).

Без ознак ослаблення виявилось 5,47 % дерев штучного насадження санітарно-захисної зони Запоріжсталь (табл. 5.8).

Розподіл самосіву СЗЗ заводу Запоріжсталь за життєвим станом

| Назва рослин | Категорія життєвого стану дерев | | | |
|-----------------------------|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| | 0 | I | II | III |
| <i>Acer negundo</i> | 242/22,72 | 195/18,31 | 413/38,78 | 215/20,19 |
| <i>Ailanthus altissima</i> | 41/100 | | | |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | 14/87,50 | 2/12,50 | | |
| <i>Ulmus carpinifolia</i> | 40/32,79 | 42/34,43 | 40/32,79 | |
| Всього, шт | 337 | 239 | 453 | 215 |
| % від заг. к-ті екз. | 27,09 | 19,21 | 36,41 | 17,28 |

Примітка: чисельник – кількість дерев, шт.; знаменник – % від числа рослин даного виду

Таблиця 5.8

Розподіл дерев СЗЗ заводу Запоріжсталь за життєвим станом

| Назва рослин | Категорія життєвого стану дерев, шт. | | | | | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|-----------|-----------|---------|--------|--------|---------|
| | 0 | I | II | III | IV | V | VI |
| <i>Acer pseudoplatanus</i> | | 6/54,55 | 5/45,45 | | | | |
| <i>Acer negundo</i> | 4/0,60 | 232/34,78 | 431/64,62 | | | | |
| <i>Aesculus hippocastanum</i> | | | | 45/100 | | | |
| <i>Ailanthus altissima</i> | 61/81,33 | 14/18,67 | | | | | |
| <i>Armeniaca vulgaris</i> | | 2/100 | | | | | |
| <i>Betula pendula</i> | | | 13/76,47 | 3/17,65 | | | 1/5,88 |
| <i>Catalpa bignonioides</i> | | | 3/100 | | | | |
| <i>Elaeagnus angustifolia</i> | | 7/70 | 1/10 | | 1/10 | 1/10 | |
| <i>Fraxinus lanceolata</i> | | 3/75 | 1/25 | | | | |
| <i>Malus silvestris</i> | | 2/33,33 | 4/66,67 | | | | |
| <i>Morus alba</i> | | 1/100 | 1/100 | | | | |
| <i>Picea abies</i> | | | | 2/100 | | | |
| <i>Picea pungens</i> | | | 1/100 | | | | |
| <i>Populus alba</i> | | 45/78,95 | 7/12,28 | 5/8,77 | | | |
| <i>Populus balsamifera</i> | | 1/100 | | | | | |
| <i>Populus nigra</i> | | 5/100 | | | | | |
| <i>Populus simonii</i> | | 5/4,63 | 91/84,26 | 8/7,41 | 3/2,78 | 1/0,93 | |
| <i>Pyrus communis</i> | 1/50 | 1/50 | | | | | |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | 85/9,58 | 736/82,98 | 45/5,07 | 6/0,68 | 7/0,79 | | 8/0,90 |
| <i>Thuja occidentalis</i> | | | | 15/100 | | | |
| <i>Thuja orientalis</i> | 9/100 | | | | | | |
| <i>Tilia cordata</i> | | | 5/100 | | | | |
| <i>Ulmus carpinifolia</i> | 18/1,51 | 861/72,41 | 261/21,95 | 26/2,19 | 2/0,17 | 2/0,17 | 19/1,60 |
| <i>Ulmus glabra</i> | 2/15,38 | 9/69,23 | 2/15,38 | | | | |
| Всього, шт. | 180 | 1930 | 871 | 110 | 13 | 4 | 28 |
| % від заг. к-ті екз. | 5,47 | 61,54 | 27,77 | 3,51 | 0,41 | 0,13 | 0,89 |

Примітка: чисельник – кількість дерев, шт.; знаменник – % від числа рослин даного виду

Ознаки ослаблення (I-а категорія стану) мають 61,54 % всіх рослин, а саме: висихання окремих гілок до 25 %, морозобоїни, ушкодження листя та ін. Найчисельнішими в цій категорії виявилися дерева *Robinia pseudoacacia*, *Ulmus carpinifolia*, *Populus alba*, *Acer negundo*, всі екземпляри *Populus nigra*, *Armeniaca vulgaris*, *Morus alba* та *Populus balsamifera*. До II го категорії життєвого стану відноситься 871 дерево, що становить 27,77 % від загальної кількості екземплярів. У цієї групі виявлена відносно велика частка *Acer negundo*, *Ulmus carpinifolia* та *Populus simonii*. До III-ї та IV-ї категорії включено 3,51 та 0,41 % рослин відповідно від їх загального числа в деревостані. Сухостій минулих років на дослідній ділянці презентований 19-ма екз. *Ulmus carpinifolia*, 8 – *Robinia pseudoacacia* та 1 – *Betula pendula*. Ознаки ушкодження п'ятої категорії стану виявлені у *Ulmus carpinifolia* (2 шт.), *Robinia pseudoacacia* та *Elaeagnus angustifolia* (та 1 шт.). Також на території санітарно-захисної зони заводу зустрічається велика кількість пеньків, що свідчить про відпад дерев. Отже, найбільший відсоток майже всіх видів рослин включено до другої категорії стану. До стійких порід можна віднести *Ulmus carpinifolia* та *Robinia pseudoacacia*.

Оцінка патологій стовбурів деревних рослин СЗЗ підприємства Запоріжсталь наведена в рис. 5.6. Серед різних видів пошкоджень переважають багатостовбурність – 31,17 %; нахил стовбура – 29,87 % та його викривлення – 22,08 %, механічні пошкодження – 6,49 %, морозобоїни – 5,19 %.

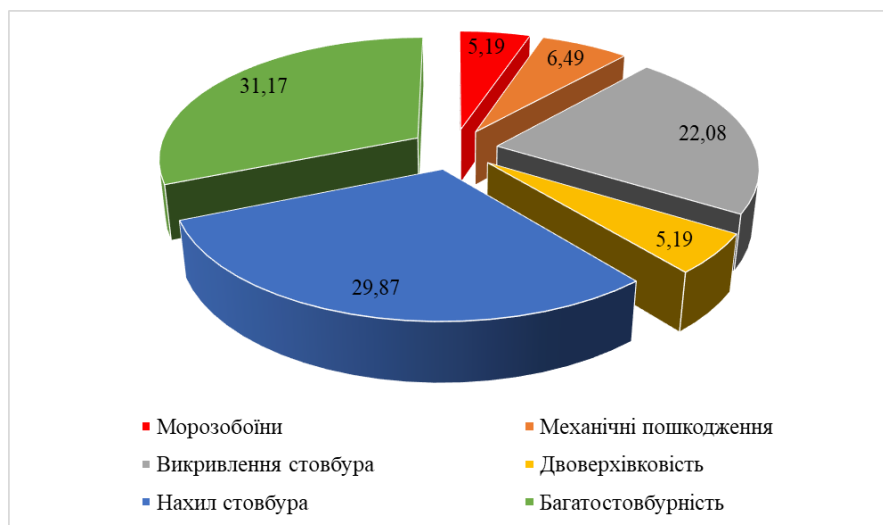


Рис. 5.6. Частка різних видів патологій стовбурів рослин захисного насадження заводу Запоріжсталь від їх загальної кількості

Розподіл дерев СЗЗ заводу Дніпроспецсталь за життєвим станом

| Назва рослин | Категорія життєвого стану дерев | | | | | | |
|-------------------------------|---------------------------------|-----------|----------|---------|---------|--------|---------|
| | 0 | I | II | III | IV | V | VI |
| <i>Acer negundo</i> | 2/15,38 | 4/30,77 | 7/53,85 | | | | |
| <i>Acer platanoides</i> | | 5/31,25 | 11/68,75 | | | | |
| <i>Acer saccharinum</i> | | 4/100 | | | | | |
| <i>Aesculus hippocastanum</i> | | | 3/100 | | | | |
| <i>Ailanthus altissima</i> | 12/27,91 | 27/62,79 | 4/9,30 | | | | |
| <i>Armeniaca vulgaris</i> | | 4/100 | | | | | |
| <i>Betula pendula</i> | | | 37/84,09 | 7/15,91 | | | |
| <i>Catalpa bignonioides</i> | | 14/56 | 6/24 | | 2/8 | 1/4 | 2/8 |
| <i>Juglans regia</i> | | 21/95,45 | 1/4,55 | | | | |
| <i>Morus alba</i> | 13/65,00 | 2/10 | 4/20 | | 1/5 | | |
| <i>Picea abies</i> | | | 6/100 | | | | |
| <i>Picea pungens</i> | | 16/100 | | | | | |
| <i>Platanus acerifolia</i> | 3/75 | | 1/25 | | | | |
| <i>Populus alba</i> | 2/11,76 | 8/47,06 | 6/35,29 | | | 1/5,88 | |
| <i>Populus nigra</i> | | 1/100 | | | | | |
| <i>Populus simonii</i> | 7/3,45 | 100/49,26 | 73/35,96 | 4/1,97 | 13/6,40 | 3/1,48 | 3/1,48 |
| <i>Pyrus communis</i> | 1/100 | | | | | | |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | 105/13,48 | 561/72,01 | 96/12,32 | 3/0,39 | 2/0,26 | 2/0,26 | 10/1,28 |
| <i>Salix alba</i> | | | | 2/100 | | | |
| <i>Thuja occidentalis</i> | | 60/100 | | | | | |
| <i>Tilia cordata</i> | | 5/17,24 | 24/82,75 | | | | |
| <i>Ulmus carpinifolia</i> | 19/3,03 | 494/78,79 | 94/14,99 | 2/0,32 | 3/0,48 | | 15/2,39 |
| <i>Ulmus laevis</i> | | | 2/66,67 | 1/33,33 | | | |
| Всього, шт | 164 | 1326 | 375 | 19 | 21 | 7 | 30 |
| % від заг. к-ті екз. | 8,44 | 68,28 | 19,31 | 0,97 | 1,08 | 0,36 | 1,54 |

Примітка: чисельник – кількість дерев, шт.; знаменник – % від числа рослин даного виду

Розподіл рослин СЗЗ заводу Дніпроспецсталь за категоріями життєвого стану представлено у табл. 5.9. До категорії життєвого стану 0 (без ознак ослаблення) віднесено 164 дерева (8,44 %). Головними породами в цій категорії є *Robinia pseudoacacia*, *Ulmus carpinifolia*, *Ailanthus altissima* та *Morus alba*. До помірно ослаблених включена найбільша кількість дерев насадження – 68,28 %. У цій категорії найчисельнішими виявилися *Robinia pseudoacacia*, *Populus simonii*, *Ailanthus altissima*, *Catalpa bignonioides*, *Ulmus carpinifolia*. Тільки 1,08 % дерев включено до IV-ї категорії, та 0,36 % – до V-ї (свіжий сухостій). До останньої групи входять *Populus simonii* (3 екз.), *Robinia pseudoacacia* (2 шт.) та по одній

рослині *Catalpa bignonioides*, *Populus alba*. Сухостій минулих років представлений 30-ма екземплярами. Це свідчить про відсутність будь-якого догляду за насадженнями. Найчисельнішими в цій групі є дерева – *Ulmus carpinifolia*. До стійких порід захисного насадження даного підприємства можна віднести: *Ailanthus altissima*, *Populus simonii*, *Ulmus carpinifolia*, *Robinia pseudoacacia*.

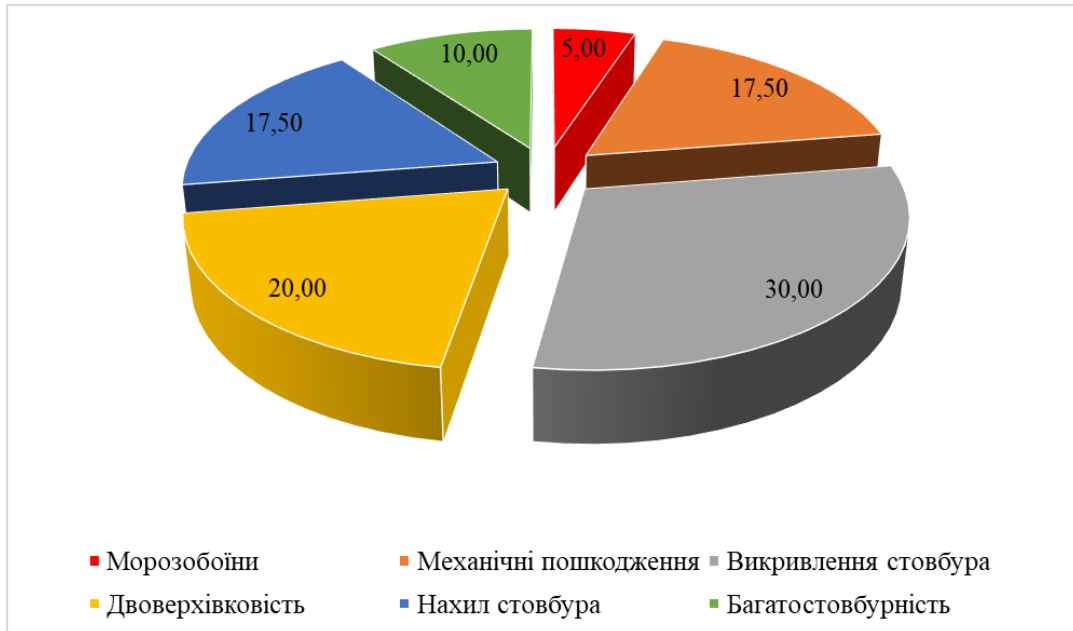


Рис. 5.7 – Частка різних видів патологій стовбурів рослин захисного насадження заводу Дніпроспецсталь від загальної їх кількості, %

Оцінка патологій стовбурів деревних рослин СЗЗ підприємства Дніпроспецсталь наведена на рис. 5.7. Серед різних їх видів переважають викривлення стовбура – 30,00 %, двоверхівковість – 20,00 %, нахил стовбура та механічні пошкодження – по 17,50 %, багатостовбурність – 10,00 %; морозобоїни – 5,00 %.

Аналіз життєвого стану деревостану захисного насадження Абразивного комбінату показав, що без ознак ослаблення визначено 4,53 % дерев (табл. 5.10). До I категорії віднесена максимальна кількість зростаючих рослин – 67,99 %. Переважають у цій категорії *Robinia pseudoacacia*, *Populus alba*, *Ulmus carpinifolia*, *Catalpa bignonioides*, всі екземпляри *Aesculus hippocastanum*, *Acer saccharinum*, *Acer negundo*, *Elaeagnus angustifolia*, *Juglans regia*, *Pyrus communis*, *Armeniaca vulgaris*, *Picea abies*. Оцінку II (середньо ослаблені), мають 292 дерева, що становить 22,79 % від загальної кількості деревних рослин у захисній

лісосмузі. У цієї групі виявлена відносно велика частка *Robinia pseudoacacia*, *Populus alba*, *Ulmus carpinifolia* та *Acer negundo*. До третьої групи віднесено 2,11 % дерев, зростаючих в захисному насадженні досліджуваного підприємства. Менше 1 % від загального числа деревних рослин, а саме 0,86 % включено до IV-ї категорії.

Таблиця 5.10

Розподіл дерев СЗЗ Абразивного комбінату за життєвим станом

| Назва рослин | Категорія життєвого стану дерев | | | | | | |
|-------------------------------|---------------------------------|-----------|-----------|---------|--------|--------|---------|
| | 0 | I | II | III | IV | V | VI |
| <i>Acer negundo</i> | | 4/100 | | | | | |
| <i>Acer platanoides</i> | | 13/68,42 | 6/31,58 | | | | |
| <i>Acer saccharinum</i> | | 1/100 | | | | | |
| <i>Aesculus hippocastanum</i> | | 51/100 | | | | | |
| <i>Armeniaca vulgaris</i> | | 1/100 | | | | | |
| <i>Catalpa bignonioides</i> | | 30/28,57 | 64/60,95 | 9/8,57 | | | 2/1,9 |
| <i>Elaeagnus angustifolia</i> | | 2/100 | | | | | |
| <i>Juglans regia</i> | | 7/100 | | | | | |
| <i>Morus alba</i> | 2/66,67 | | 1/33,33 | | | | |
| <i>Picea abies</i> | | 2/100 | | | | | |
| <i>Picea pungens</i> | | 3/33,33 | | 6/66,67 | | | |
| <i>Populus alba</i> | 31/9,78 | 195/61,51 | 71/22,40 | 3/0,95 | 5/1,58 | | 12/3,79 |
| <i>Populus nigra</i> | 10/20,41 | 36/73,47 | 2/4,08 | | | | 1/2,04 |
| <i>Pyrus communis</i> | | 1/100 | | | | | |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | 15/2,74 | 402/73,36 | 111/20,26 | 9/1,64 | 6/1,09 | 2/0,36 | 3/0,55 |
| <i>Ulmus carpinifolia</i> | | 123/75,93 | 37/22,84 | | | | 2/1,23 |
| Всього, шт. (1281) | 58 | 871 | 292 | 27 | 11 | 2 | 20 |
| % від заг. к-ті екз. | 4,53 | 67,99 | 22,79 | 2,11 | 0,86 | 0,13 | 1,56 |

Примітка: чисельник – кількість дерев, шт.; знаменник – % від числа рослин даного виду

Сухостій минулих років на дослідній ділянці презентований 12 екземплярами *Populus alba*, 3 – *Robinia pseudoacacia*, 2 – *Ulmus carpinifolia* та *Catalpa bignonioides* та одним – *Populus nigra*. Ознаки ушкодження п'ятої категорії стану виявлені у *Robinia pseudoacacia* (2 шт.). В цій санітарно-захисній зоні зростає велика кількість молодих дерев *Catalpa bignonioides* та *Aesculus hippocastanum*, які віднесені до першої (I) групи життєвості.

Отже, найбільший відсоток рослин зелених насаджень СЗЗ Абразивного комбінату включено до другої категорії стану. До стійких порід захисного

насадження даного підприємства можна віднести *Robinia pseudoacacia*, *Populus alba* та *Ulmus carpinifolia*.

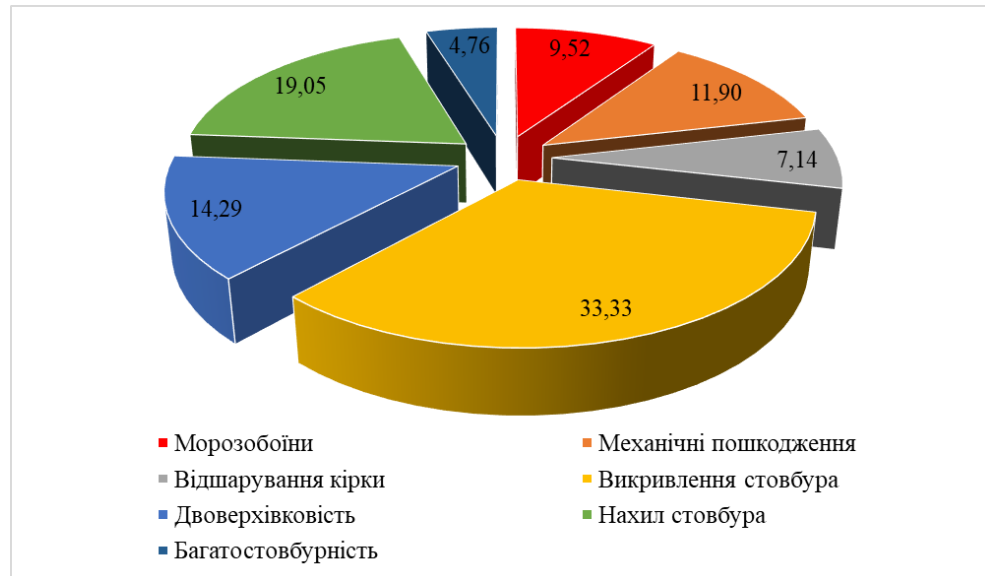


Рис. 5.8. Частка різних видів патологій стовбурів рослин захисного насадження Абразивного комбінату від їх загальної кількості, %

Оцінка патологій стовбура деревних рослин СЗЗ Абразивного комбінату представлена на рис. 5.8. Як видно з рисунку найрозповсюдженіші викривлення стовбура – 33,33 %, та його нахил – 19,05 %. Часто зустрічаються двоверхівковість – 14,29 %, багатостовбурність – 4,76 %; механічні пошкодження – 11,90 %, відшарування кори – 7,14 %, морозобоїни – 9,52%.

У лісосмузі СЗЗ Алюмінієвого комбінату без ознак ослаблення виявилось 9,50 % дерев від їх загальної кількості на дослідній ділянці (табл. 5.11). Найбільший відсоток помірно ослаблених дерев з життєвим станом (І) від загальної кількості рослин деякого виду виявлено серед *Robinia pseudoacacia*, *Ulmus carpinifolia*, *Populus alba*, *Ulmus laevis*, а також *Aesculus hippocastanum*, *Populus simonii*, *Populus nigra*, *Picea pungens* та *Platanus acerifolia*, представленість яких у насадженні дуже мала. Загалом до цієї категорії віднесено 64,66 % всіх рослин.

Ознаки середньо ослаблених рослин (ІІ категорія), для яких характерними є дрібне або більш освітлене листя, що передчасно опадає, сухобокість та морозні тріщини, наявність сухих гілок (25–50 %), зріджена крона, мають 224 дерева, що становить 22,88 % від загальної кількості рослин в захисній лісосмузі.

Найчисельнішими в цій групі є *Ulmus carpinifolia*, *Robinia pseudoacacia*, *Thuja occidentalis* та *Catalpa bignonioides*.

Таблиця 5.11

Розподіл дерев СЗЗ Алюмінієвого комбінату за життєвим станом

| Вид | Категорія стану дерев | | | | | | |
|-------------------------------|-----------------------|-----------|-----------|---------|---------|---------|--------|
| | 0 | I | II | III | IV | V | VI |
| <i>Acer pseudoplatanus</i> | | 1/50 | 1/50 | | | | |
| <i>Aesculus hippocastanum</i> | | 11/100 | | | | | |
| <i>Ailanthus altissima</i> | 13/48,15 | 14/51,85 | | | | | |
| <i>Betula pendula</i> | | 1/50 | 1/50 | | | | |
| <i>Catalpa bignonioides</i> | | 5/31,25 | 11/68,75 | | | | |
| <i>Fraxinus lanceolata</i> | 15/26,32 | 32/56,14 | 4/7,02 | | 6/10,53 | | |
| <i>Morus alba</i> | 1/11,11 | 5/55,56 | 3/33,33 | | | | |
| <i>Picea pungens</i> | | 13/100 | | | | | |
| <i>Platanus acerifolia</i> | | 1/100 | | | | | |
| <i>Populus alba</i> | | 28/96,55 | 1/3,45 | | | | |
| <i>Populus nigra</i> | | 5/100 | | | | | |
| <i>Populus simonii</i> | | 1/100 | | | | | |
| <i>Quercus robur</i> | 2/66,67 | 1/33,33 | | | | | |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | 35/10,06 | 261/75 | 45/12,94 | 3/0,86 | 2/0,57 | 2/0,57 | |
| <i>Salix alba</i> | 1/6,67 | 11/73,33 | 3/20 | | | | |
| <i>Sorbus aucuparia</i> | 2/100 | | | | | | |
| <i>Thuja occidentalis</i> | | | 25/100 | | | | |
| <i>Thuja orientalis</i> | 6/100 | | | | | | |
| <i>Tilia cordata</i> | | 8/57,14 | | 4/28,57 | | 2/14,29 | |
| <i>Ulmus laevis</i> | 1/3,12 | 23/71,88 | 7/21,88 | | | 1/3,12 | |
| <i>Ulmus carpinifolia</i> | 17/4,41 | 212/58,73 | 123/34,07 | 4/1,11 | 1/0,28 | 1/0,28 | 3/0,83 |
| Всього, шт. | 93 | 633 | 224 | 11 | 9 | 6 | 3 |
| % від заг. к-ті екз. | 9,50 | 64,66 | 22,88 | 1,12 | 0,92 | 0,61 | 0,31 |

Примітка: чисельник – кількість дерев, шт.; знаменник – % від числа рослин даного виду

Визначено, що 1,12 та 0,92 % рослин відповідно від загального їх числа в насадженні включено до III-ї та IV-ї категорії. Сухостій минулих років на дослідній ділянці презентований 3-ма екземплярами *Ulmus carpinifolia*. Сухостій теперішнього року представлений шістьма рослинами, минулих років – трьома. Отже, найбільший відсоток майже всіх видів рослин СЗЗ Алюмінієвого комбінату включено до другої категорії стану. До стійких порід захисного насадження даного підприємства можна віднести *Robinia pseudoacacia*, *Ailanthus altissima*,

Morus alba, *Populus alba*, *Platanus acerifolia*, *Fraxinus lanceolata* та *Ulmus carpinifolia*.

Оцінка патологій стовбура деревних рослин санітарно-захисної зони Алюмінієвого комбінату наведена на рис. 5.9. Серед різних їх видів переважають багатостовбурність – 40,82 %; двоверхівковість, нахил стовбура та механічні пошкодження – по 12,24 %, відшарування кірки – 4,08 %, морозобоїни – 8,16 %.

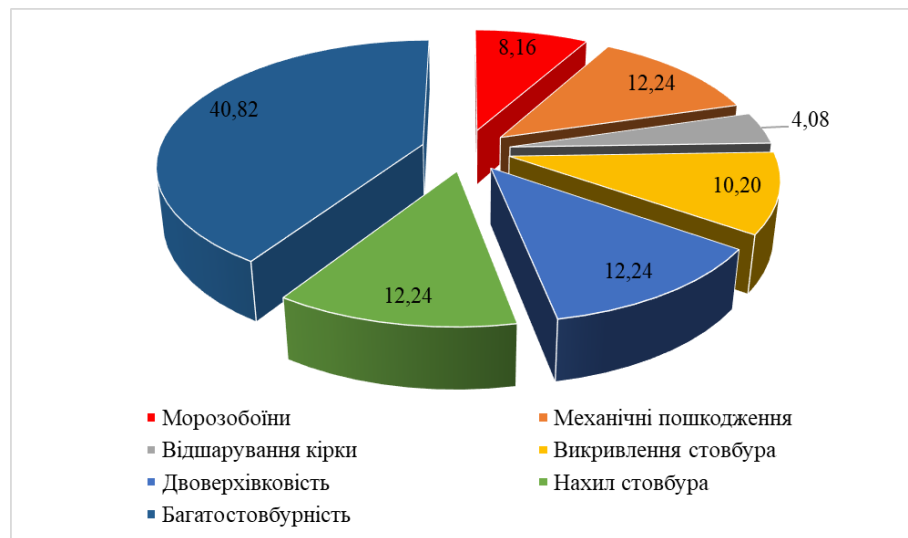


Рис. 5.9. Частка різних видів патологій стовбурів рослин захисного насадження Алюмінієвого комбінату від їх загальної кількості, %

Згідно зі шкалою категорій життєвого стану, 8,19 % дерев від загальної їх кількості у насадженні СЗЗ Титано-магнієвого комбінату виявились без ознак ослаблення (табл. 5.12). Найбільший відсоток рослин, що віднесені до цієї групи, визначено серед таких видів: *Robinia pseudoacacia* – 44 шт. (8,33 %), *Populus alba* – 17 шт. (50,00 %), *Ailanthus altissima* – 15 шт. (50,00 % від числа дерев цього виду). До цієї групи віднесені всі екземпляри *Thuja orientalis*, *Thuja occidentalis*, *Picea abies*, *Picea pungens* та *Acer pseudoplatanus*. Це молоді дерева, які висаджені 10 років тому.

Максимальна кількість дерев насадження – 70,85 % належить до першої категорії (помірно ослаблені). *Robinia pseudoacacia*, *Ulmus carpinifolia*, *Acer negundo*, *Populus simonii* та *Betula pendula* виявилися найчисельнішими в цій категорії.

Розподіл дерев СЗЗ Титано-магнієвого комбінату за життєвим станом

| Назва рослин | Категорія життєвого стану дерев | | | | | | |
|-------------------------------|---------------------------------|-----------|-----------|---------|--------|--------|--------|
| | 0 | I | II | III | IV | V | VI |
| <i>Acer negundo</i> | 2/4 | 44/88 | 3/6 | | | | 1/2 |
| <i>Acer pseudoplatanus</i> | 8/100 | | | | | | |
| <i>Aesculus hippocastanum</i> | | 5/50 | 4/40 | 1/10 | | | |
| <i>Ailanthus altissima</i> | 15/50 | 15/50 | | | | | |
| <i>Betula pendula</i> | 2/8,33 | 19/79,17 | 1/4,17 | | 2/8,33 | | |
| <i>Fraxinus lanceolata</i> | 8/61,54 | 5/38,46 | | | | | |
| <i>Juglans regia</i> | 3/30 | 7/70 | | | | | |
| <i>Morus alba</i> | 7/53,33 | 4/33,33 | 1/8,33 | | | | |
| <i>Picea abies</i> | | 7/63,64 | 4/36,36 | | | | |
| <i>Picea pungens</i> | 10/100 | | | | | | |
| <i>Populus alba</i> | 17/50 | 10/29,41 | 6/17,65 | | | 1/2,94 | |
| <i>Populus nigra</i> | | 18/90 | 2/10 | | | | |
| <i>Populus simonii</i> | | 37/49,33 | 37/49,33 | | | | 1/1,34 |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | 44/8,33 | 449/85,04 | 22/4,17 | 3/0,57 | 5/,95 | 3/0,57 | 2/0,38 |
| <i>Salix alba</i> | | 1/100 | | | | | |
| <i>Thuja occidentalis</i> | 30/100 | | | | | | |
| <i>Thuja orientalis</i> | 1/100 | | | | | | |
| <i>Tilia cordata</i> | | 3/100 | | | | | |
| <i>Ulmus carpinifolia</i> | 4/0,42 | 673/69,96 | 268/27,86 | 1/0,10 | 6/0,62 | 6/0,62 | 4/0,42 |
| <i>Ulmus laevis</i> | 1/4,17 | 18/75 | 1/4,17 | 4/16,67 | | | |
| Всього, шт. | 152 | 1315 | 349 | 9 | 13 | 10 | 8 |
| % від заг. к-ті екз. | 8,19 | 70,85 | 18,80 | 0,48 | 0,70 | 0,54 | 0,43 |

Примітка: чисельник – кількість дерев, шт.; знаменник – % від числа рослин даного виду

Таблиця 5.13

Розподіл самосіву зелених насаджень СЗЗ Титано-магнієвого комбінату за життєвим станом

| Назва рослин | Категорія життєвого стану дерев | |
|-----------------------------|---------------------------------|-----------|
| | 0 | I |
| <i>Acer negundo</i> | | 39/100 |
| <i>Ailanthus altissima</i> | 14/100 | |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | 20/40 | 30/60 |
| <i>Ulmus carpinifolia</i> | 1/0,28 | 351/99,72 |
| Всього, шт. | 35 | 420 |
| % від заг. к-ті екз. | 7,69 | 92,31 |

Примітка: чисельник – кількість дерев, шт.; знаменник – % від числа рослин даного виду

До II категорії життєвого стану (середньо ослаблені) віднесено 18,80 % рослин. В цій групі переважаючими породами є *Ulmus carpinifolia*, *Robinia pseudoacacia* та *Populus simonii*. Чотири екземпляри *Ulmus laevis*, 3 – *Robinia pseudoacacia* та по 1 екз. *Ulmus carpinifolia* та *Aesculus hippocastanum* оцінені як сильно ослабленні. Всього 0,7 % дерев включено до IV категорії (всихаючі), та 0,54 – до V (свіжий сухостій). Сухостій минулих років (VI категорія) представлений 8 деревами 0,43 % від загальної кількості рослин в насадженні. До стійких порід захисного насадження даного підприємства можна віднести *Robinia pseudoacacia* та *Ulmus carpinifolia*, *Fraxinus lanceolata*, *Picea pungens*, *Morus alba*, *Populus alba*.

Розподіл самосіву санітарно-захисної зони Титано-магнієвого комбінату за категоріями життєвого стану представлено у табл. 5.13. Самосів, який зростає на території цього підприємства віднесений до 0-ї та I-ї категорії. Ці рослини не мають сухих гілок, але 92,31 % характеризуються зрідженою кроною, укороченим приростом.

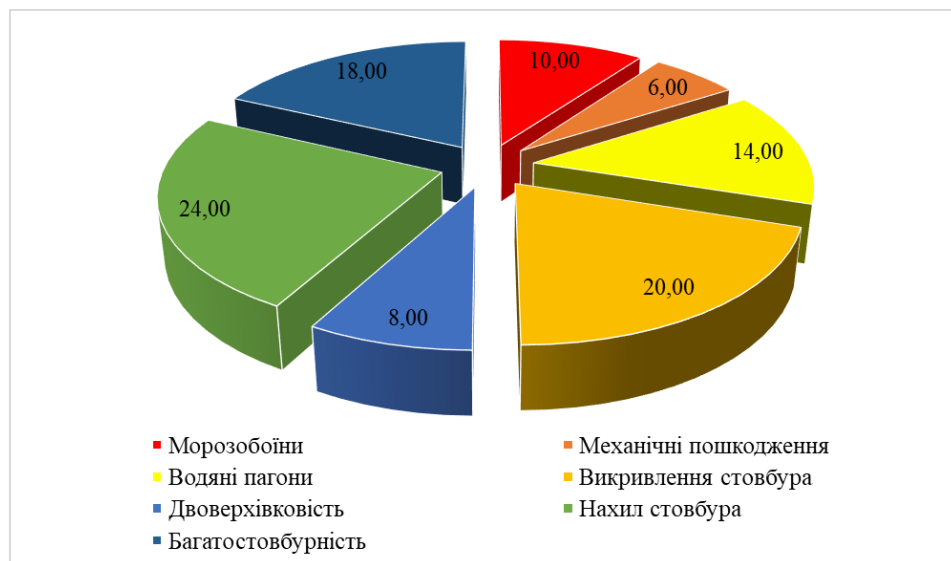


Рис. 5.10. Частка різних видів патологій стовбурів рослин захисного насадження Титано-магнієвого комбінату від їх загальної кількості пошкоджень, %

Оцінка дефектів стовбурів деревних рослин СЗЗ Титано-магнієвого комбінату наведена на рис. 5.10. Найрозповсюдженішими серед них є багатостовбурність – 18,00 %; нахил стовбура – 24,00 %, та його викривлення

стовбура – 20,00 %, водяні пагони – 14,00 %, морозобоїни – 10,00 %, двоверхівковість – 8,00 %, механічні пошкодження – 6,00 %.

Таблиця 5.14

Розподіл дерев СЗЗ Трансформаторного заводу за життєвим станом

| Назва рослин | Категорія стану дерев, шт | | | | | | |
|-------------------------------|---------------------------|-----------|----------|--------|---------|---------|--------|
| | 0 | I | II | III | IV | V | VI |
| <i>Acer negundo</i> | 12/7,69 | 91/58,33 | 25/16,03 | 9/5,77 | 10/6,41 | 3/1,92 | 6/3,85 |
| <i>Acer pseudoplatanus</i> | | 119/63,64 | 55/29,42 | 8/4,28 | 1/0,53 | 4/2,14 | |
| <i>Acer saccharinum</i> | 16/20 | 50/62,50 | 9/11,25 | | 4/5 | 1/1,25 | |
| <i>Aesculus hippocastanum</i> | | 63/100 | | | | | |
| <i>Ailanthus altissima</i> | 13/86,67 | 2/13,33 | | | | | |
| <i>Armeniaca vulgaris</i> | | 3/60 | 1/20 | 1/20 | | | |
| <i>Betula pendula</i> | 12/18,18 | 53/80,30 | | | | | 1/1,52 |
| <i>Catalpa bignonioides</i> | 2/100 | | | | | | |
| <i>Cotinus coggygria</i> | 18/10,47 | 127/73,84 | 4/2,33 | | 9/5,23 | 14/8,14 | |
| <i>Fraxinus lanceolata</i> | 9/64,29 | 3/21,43 | | | | 2/14,29 | |
| <i>Juglans regia</i> | 8/80 | 2/20 | | | | | |
| <i>Malus silvestris</i> | | 8/100 | | | | | |
| <i>Platanus acerifolia</i> | 2/20 | 8/80 | | | | | |
| <i>Picea abies</i> | 20/60,61 | 13/39,39 | | | | | |
| <i>Pinus sylvestris</i> | 5/38,46 | 8/61,54 | | | | | |
| <i>Populus nigra</i> | 1/3,33 | 24/80 | 3/10,01 | 1/3,33 | | | 1/3,33 |
| <i>Populus pyramidalis</i> | 34/25,37 | 66/49,25 | 16/11,94 | 3/2,24 | 3/2,24 | 7/5,22 | 5/3,73 |
| <i>Quercus robur</i> | 7/6,25 | 100/89,29 | 5/4,46 | | | | |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | 14/16,28 | 55/63,95 | 10/11,63 | 1/1,16 | 1/1,16 | 1/1,16 | 4/4,65 |
| <i>Sophora japonica</i> | | 10/100 | | | | | |
| <i>Sorbus aucuparia</i> | 15/83,33 | 3/16,67 | | | | | |
| <i>Thuja orientalis</i> | 10/43,48 | 12/52,17 | | 1/4,35 | | | |
| <i>Tilia cordata</i> | 75/28,41 | 185/70,08 | 2/0,76 | | | 1/0,38 | 1/0,38 |
| <i>Ulmus parvifolia</i> | 56/43,75 | 66/51,56 | | 2/1,56 | | | 4/3,13 |
| Всього, шт. 1639 | 329 | 1071 | 130 | 26 | 28 | 33 | 22 |
| % від заг. к-ті екз. | 20,13 | 65,28 | 7,93 | 1,59 | 1,71 | 2,01 | 1,34 |

Примітка: чисельник – кількість дерев, шт.; знаменник – % від числа рослин даного виду

Без ознак ослаблення виявилось 20,13 % дерев СЗЗ Трансформаторного заводу від загальної кількості рослин дослідної ділянки. Ознаки ослаблення (I-а категорія стану) мають 65,28 % всіх рослин (табл. 5.14). Найчисельнішими у цій категорії виявилися *Tilia cordata*, *Cotinus coggygria*, *Acer pseudoplatanus* та *Quercus robur*, всі екземпляри *Aesculus hippocastanum*, *Sophora japonica*, *Platanus acerifolia* та *Malus silvestris*. До II-гої категорії життєвого стану (сереньо

ослабленні) відноситься 7,93 % від загальної кількості дерев у деревостані. В цієї групі виявлена відносно велика частка *Acer negundo* та *Acer pseudoplatanus*.

До III-ї та IV-ї категорії включено 1,59 та 1,71 % рослин відповідно від загального їх числа у деревостані. Сухостійних дерев минулих років на дослідній ділянці 22 екземпляри. До них відносяться *Acer negundo* (6 шт.), *Populus pyramidalis* (5 шт.), по 4 шт. *Ulmus parvifolia* й *Robinia pseudoacacia* та по 1 екземпляру – *Tilia cordata*, *Populus nigra*, *Betula pendula*.

Загальний обсяг сухоостою теперішнього року – 2,01 %. В цій категорії найбільша кількість таких рослин як *Cotinus coggygia*, *Populus pyramidalis*.

Отже, найбільший відсоток майже всіх видів рослин включено до другої категорії стану.

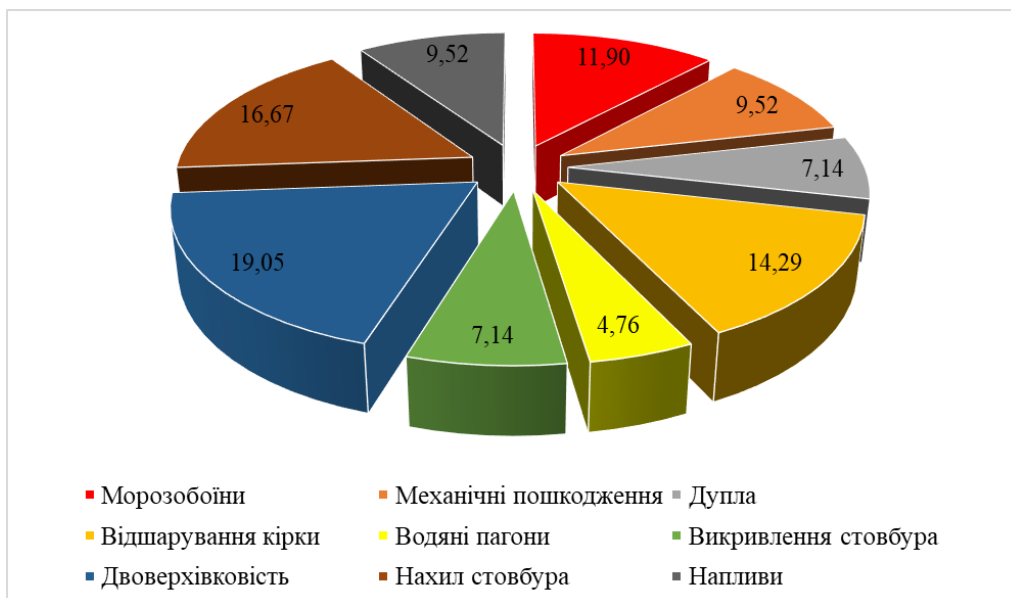


Рис.5.11. Частка патологій стовбурів видів дерев С33 Трансформаторного підприємства від загальної кількості, %

Спектр патологій стовбурів деревних рослин С33 Трансформаторного підприємства наведено на рис. 5.11. Як видно, серед них переважають двоверхівковість – 19,05 %, нахил стовбура – 16,67 %, відшарування кірки – 14,29 %, морозобоїни – 11,90 %. Часто зустрічаються механічні пошкодження та напливи – 9,52 %, викривлення стовбура та дупла – 7,14 %, водяні пагони – 4,76 %.

Захисні лісосмуги СЗЗ досліджуваних підприємств відрізняються за рівнем пошкоджень стовбурів деревних рослин (рис. 5.12). Найбільша їх кількість виявлена в насадженні Коксохімічного заводу. На другому місці Запоріжсталь та Феросплавів. Це узгоджується з величиною індексів життєвого стану деревостанів захисних насаджень СЗЗ.

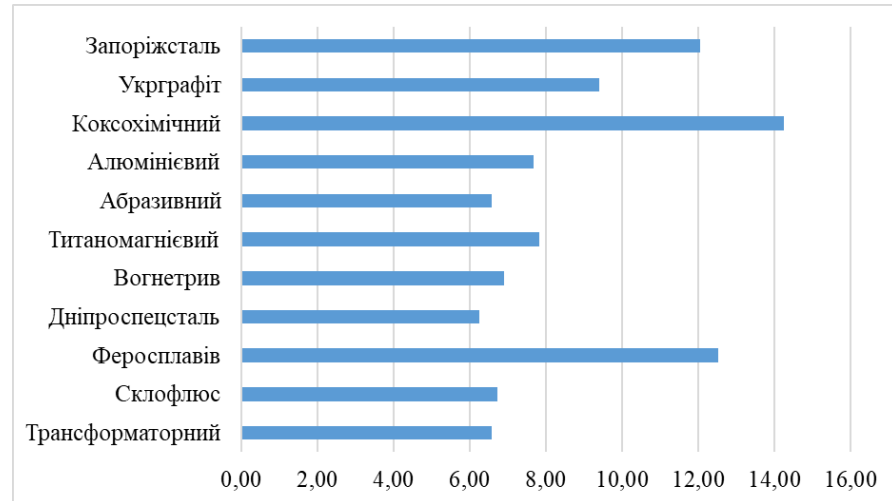


Рис. 5.12. Порівняння показників патологій стовбурів деревних рослин СЗЗ заводів

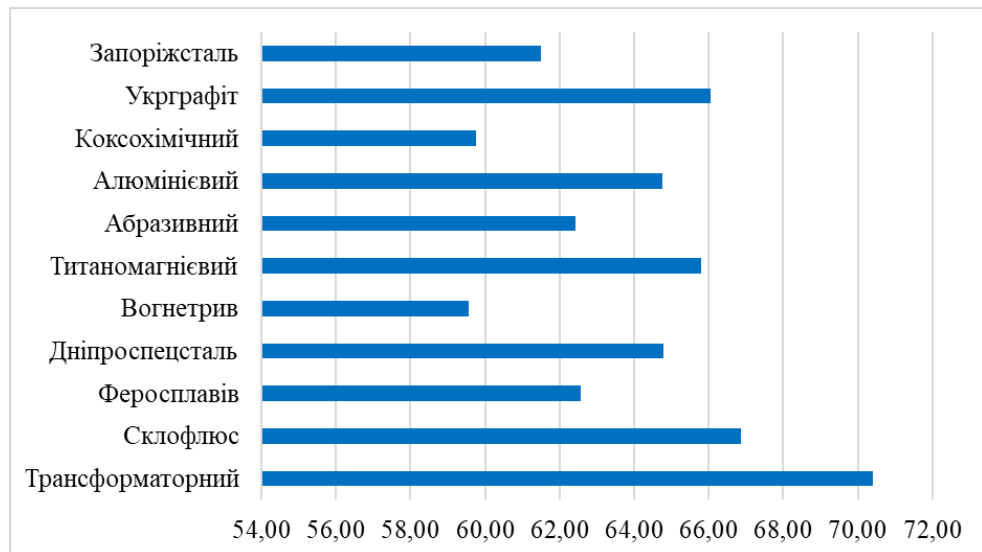


Рис. 5.13. Індекс життєвого стану деревостанів захисних насаджень підприємств

Величина індексу життєвого стану деревостану (I_n) насаджень СЗЗ представлено на рис. 5.13. слід зазначити, що якщо даний показник дорівнює 80 % і вище, то деревостан вважається здоровим, при значеннях 79 – 50 % – пошкодженим. Отриманні результати свідчать, що життєвий стан деревостанів

всіх досліджуваних насаджень СЗЗ є пошкодженим, або ослабленим. Проте, згідно розрахункам, найкращий стан деревостану встановлено для захисного насадження Трансформаторного заводу. Найгірша ситуація склалась в лісосмугах таких заводів як Вогнетрив, Запоріжсталь, та Коксохімічний. Підприємства Запоріжсталь та Коксохімічний займають перші місця стосовно викидів шкідливих газоподібних речовин в повітря.

5.2 Оцінка щільності та стану зелених насаджень СЗЗ промислових підприємств м. Запоріжжя в динаміці з використанням даних супутника Landsat

Існує ряд публікацій, які присвячені обстеженню зелених лісосмуг СЗЗ ряду підприємств [210, 236, 263, 265, 266]. Слід вказати що ці дослідження не численні. Крім того необхідно проводити аналіз життєвості деревостану захисних насаджень в конкретних кліматичних та екологічних умовах.

Надзвичайної актуальності набуває створення моніторингових систем, що дозволять констатувати, аналізувати та прогнозувати явища в природних системах. Їх ефективну роботу може забезпечити впровадження сучасних інформаційних технологій збору та аналізу інформації, зокрема, методів дистанційного зондування [15, 152, 229, 501]. Дані дистанційного зондування Землі з успіхом використовують для: оцінки збитків від лісових пожеж і їхніх наслідків, антропогенного впливу на штучні та природні рослинні угруповання [15, 88, 322, 428], дослідження біорізноманіття та біомаси рослинних об'єктів [84, 337, 456, 457], відстеження динаміки і стану вирубки лісу, прогнозу врожайності сільськогосподарських культур [167, 168, 291, 375] та визначення їх сортів [453], відновлення топографічних карт, що відображають реальний стан територій [54]. Для оцінки кількості та стану рослинності за багатоспектральними космічними знімками зазвичай використовуються різноманітні вегетаційні індекси: NDVI, GCI, ARVI та інші [187, 207, 439, 458, 515]. Найчастіше застосовують індекс вегетації NDVI, який несе інформацію про щільність рослинного покриву [54, 114, 348, 442]. На його значення впливає видовий склад рослинності, її стан, експозиція, кут нахилу поверхні, колір ґрунту під розрідженою рослинністю, а

діапазон змін становить від -1 до 1 [170]. Згідно М.І. Грехневу зі спів. (2015) [88], індекс вегетації надає інформацію про ступінь забруднення ґрунту токсичними речовинами. Головною перевагою вегетаційних індексів є надійність і легкість їх отримання, а також широкий діапазон задач, що вирішуються за їх допомогою. Недоліками використання NDVI індексу є: неможливість застосування даних, які не пройшли етап радіометричної корекції (калібрування); наявність похибок, що вносяться погодними умовами, сильною хмарністю; обмеження щодо використання знімків тільки часом сезонної вегетації для досліджуваного регіону.

Не досліджуваними залишаються питання аналізу змін щільності та життєвого стану деревних рослин СЗЗ підприємств м. Запоріжжя в порівнянні з попередніми роками, а також, що особливо важливо, невідомою є картина їх сучасного стану.

У ході дослідження шляхом супутникового моніторингу були виявлені зміни щільності рослин санітарної зони Алюмінієвого комбінату та оцінено їх розмір. Першим логічним етапом проведення аналізу стало встановлення змін стану рослинності за досліджуваний період (1990, 2000, 2010, 2018 роки). На основі комп'ютерних розрахунків створено порівняльну таблицю результатів з використанням стандартизованої шкали нормалізованого відносного індексу для уніфікації отриманих значень. На зображеннях (рис. 5.14) добре видно, як змінювалась структура насадження з 1990 по 2018 рік. Необхідно відмітити, за всі роки досліджень деревні рослини СЗЗ Алюмінієвого комбінату характеризувалися розрідженою та помірною рослинністю, слабо розвиненою зеленою фітомасою. З 1990 по 2000 року отримані регресійні залежності, простежується відмирання та зрідження рослинності. На 11 % збільшилась площа території лісосмуги, яка була без рослинності, а територія, яку займали помірна та розріджена рослинність знизилась на 9,73 % [287].

В 2010 році стосовно 2000 помітна позитивна динаміка. Щільність насадження зростала за рахунок висадження дерев – *Tilia cordata*, *Picea pungens*, *Quercus robur* та *Ulmus laevis* [290].

З 2010 року по 2018 рік відбуваються два паралельних процеси: певна рослинність втрачала життєві ознаки, а деякі ділянки заповнюються самосівом. Відносна площа території без рослинності в 2018 у порівнянні з 1990 роком знизилась на 11,88 %, та збільшилась територія, яка відображає розріджені насадження (на 11,12 %).

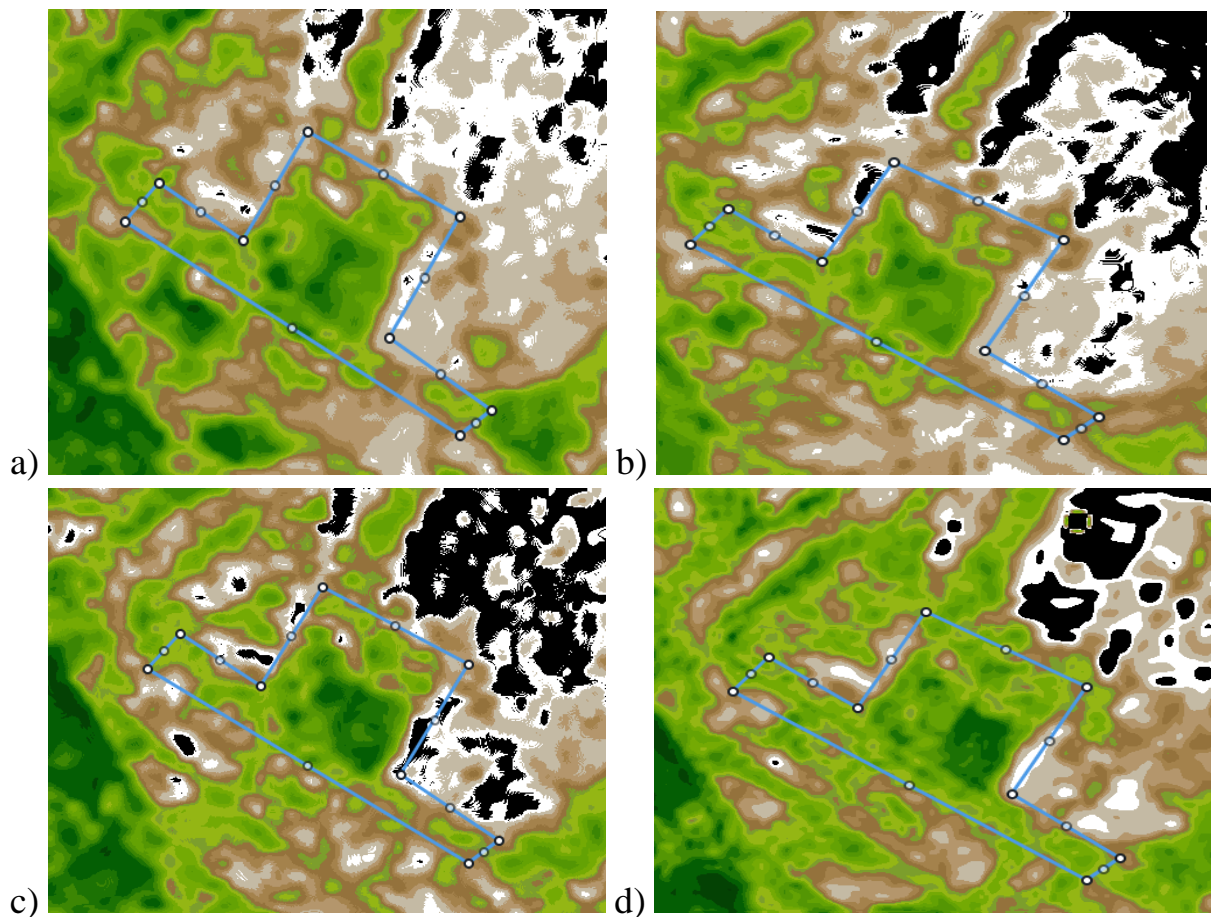


Рис. 5.14 Щільність рослин у захисному насадженні Алюмінієвого комбінату, що визначено за допомогою вегетаційного індексу NDVI а) 1990; б) 2000; с) 2010; д) 2018

Слід зазначити, що за останнє восьмиріччя майже в половину скоротилася площа, яка відповідає значенням індексу NDVI – 0,4–0,5. Сумарний відсоток площі з помірною щільністю рослинності знизився на 5,96 %. Зменшився відсоток площі з показниками вегетаційного індексу 0,1–0,2. На 17,17% збільшилась площа, яка віднесена до категорії під розріджену рослинність.

Таким чином, з 1990 року до 2000 року помітна негативна тенденція в насадженнях санітарної зони Алюмінієвого комбінату. З 2000 року по 2010

почалися відновлювальні процеси та були висаджені нові рослини. Порівняння стану рослинності в 1990 році та сьогодні показує, що зміни відбулися близько на 22 % території. Але відносна площа, з помірною рослинністю, порівнюючи 1990 рік та 2018 – приблизно однакова.

Таблиця 5.15

Значення NDVI СЗЗ Алюмінієвого комбінату в досліджуванні роки

| Клас | Назва класу | Діапазон значень | Відносна площа, % | | | |
|------|------------------------|------------------|-------------------|-------|-------|-------|
| | | | 1990 | 2000 | 2010 | 2018 |
| 1 | Густа рослинність | 0,9 – 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | Густа рослинність | 0,8 – 0,9 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | Густа рослинність | 0,7 – 0,8 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | Густа рослинність | 0,6 – 0,7 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | Помірна рослинність | 0,5 – 0,6 | 1,05 | 0 | 2,63 | 2,73 |
| 6 | Помірна рослинність | 0,4 – 0,5 | 8,42 | 5,79 | 12,89 | 6,83 |
| 7 | Розріджена рослинність | 0,3 – 0,4 | 19,21 | 12,63 | 11,84 | 21,84 |
| 8 | Розріджена рослинність | 0,2 – 0,3 | 23,42 | 21,58 | 24,74 | 31,91 |
| 9 | Відкритий ґрунт | 0,1 – 0,2 | 26,05 | 35,26 | 27,11 | 25,77 |
| 10 | Відкритий ґрунт | 0,0 – 0,1 | 21,84 | 23,95 | 18,42 | 10,24 |
| 11 | Немає вегетації | -1 – 0,0 | 0 | 0,75 | 2,37 | 0,68 |

Стосовно критеріїв розпізнавання стану рослинності за значенням NDVI, запропонованими в роботі Семенової І.Г. (2014) [264] аналіз космічних знімків показує, що протягом дослідження, з 1990 по 2018 рік, спостерігається негативна динаміка, окрім 2010 року. Це можна пов'язати з тим, що в цей період дерева, що були висаджені в 2000 році вже зробили певний внесок в основну складову фітомаси. Однак за останні 8 років майже вдвічі знизилась площа рослин, що відповідає «доброму» класу, натомість на 10% зросла частка рослин віднесених до «задовільного» стану та на 7,17% – «поганого» стану. В цілому, можемо констатувати, що з 1990 року по 2018 збільшується відсоток площі рослинності «поганого» та «задовільного» стану. Лише 2,73 % деревостану оцінено як «добрий», 6,83 % як «задовільний». 53,75 % площі зелених насаджень захисної смуги віднесено до категорії стану рослинності «поганий» та «пригнічений».

Отже, за допомогою космічних знімків виявили, що щільність рослинного покриву захисних насаджень Алюмінієвого комбінату та його стан значно

змінився з роками. Відбулося поновлення складу рослинності, але воно мізерне. Отже, СЗЗ даного заводу потребує реконструкції.

За довготривалими часовими серіями багатоспектральних космічних знімків Landsat TM/ETM+ були досліджені просторово-часові тенденції зміни рослинного покриву СЗЗ підприємства Укрграфіт. Результати розрахунку NDVI за допомогою супутникових знімків подано на рис. 5.15. Визначили відносну площу території, яка відповідає певним діапазнам значень. Космічні знімки, що отримані з 1990 по 2018 рік, чітко показують зміни в щільності захисного насадження підприємства. На зображеннях (рис. 5.15) добре видно, як змінювалась структура санітарно-захисного зеленого насадження «Укрграфіт» з 1990 по 2018 рік.

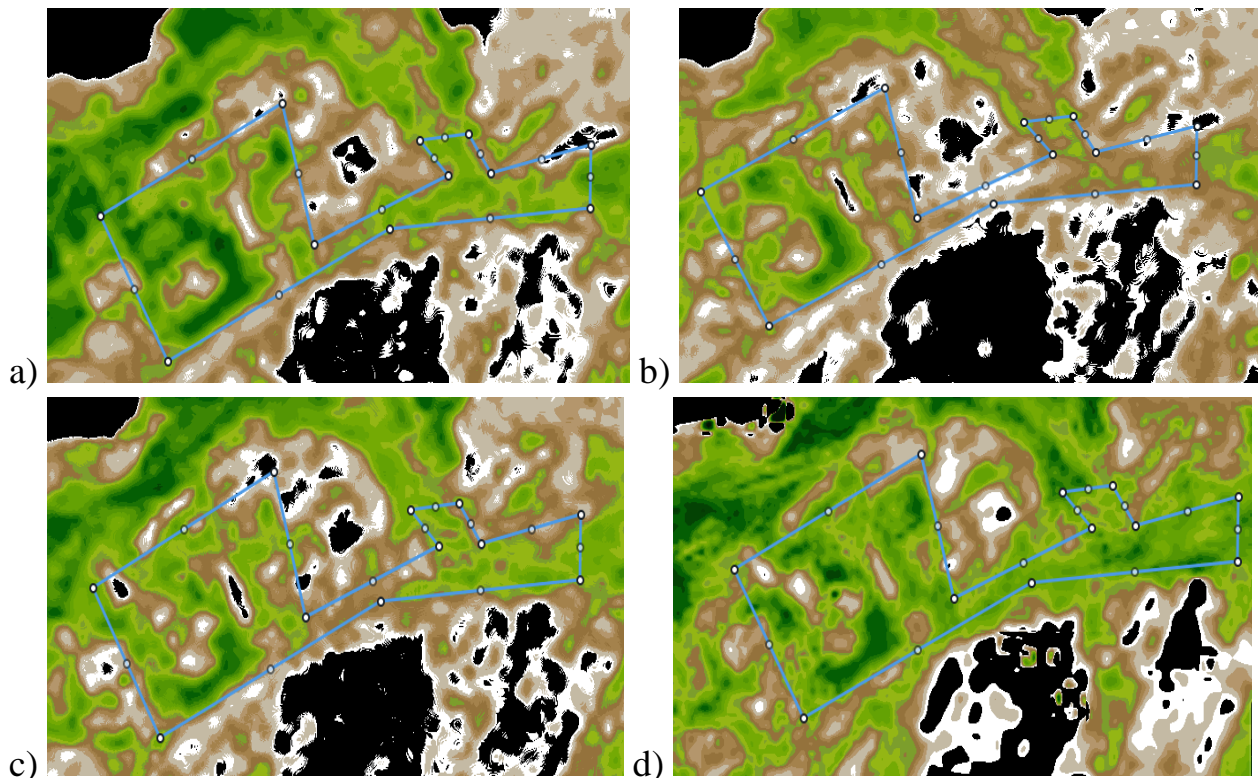


Рис. 5.15. Щільність рослин у захисному насадженні заводу Укрграфіт, що визначене за допомогою вегетаційного індексу NDVI, а) 1990; б) 2000; в) 2010; г) 2018.

У 1990 року територія з відкритим ґрунтом займала 41,94 %, а в 2000 році були зафіксовані найбільші кількісні показники в цьому діапазоні значень (від 0,0 до 0,2). З 2000 р. по 2018 спостерігається позитивна динаміка зі зменшення площі території, на якій відсутня рослинність. Згідно нашим даним [289] з інвентаризації насадження СЗЗ цього заводу, це відбувається за рахунок сформованих квітників.

У 1990 р. рослинність займала 57,26 % території захисної смуги. У 2018 р. частка рослинності зросла до 75,61 %. Найгірше становище було відмічене в 2000 році. У захисному насадженні площа території, що зайнята помірною рослинністю, становила 4,47 %, розрідженою – 24,56 %. З цього року до 2018 прослідковується позитивні зміни, але щільність насадження зростала з двох причин: по-перше – за рахунок висадження нових порід дерев – *Acer platanoides*, *Malus domestica*, *Tilia cordata* та *Thuja orientalis*. Проте, частка висаджених дерев незначна. Щільність зеленої санітарної смуги також збільшувалась за рахунок самосіву, який утворює хащі (*Ailanthus altissima* та *Ulmus carpinifolia*).

Таблиця 5.16

Значення NDVI СЗЗ заводу Укрграфіт в досліджуванні роки

| Клас | Назва класу | Діапазон значень | Відносна площа, % | | | |
|------|------------------------|------------------|-------------------|-------|-------|-------|
| | | | 1990 | 2000 | 2010 | 2018 |
| 1 | Густа рослинність | 0,9 – 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | Густа рослинність | 0,8 – 0,9 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | Густа рослинність | 0,7 – 0,8 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | Густа рослинність | 0,6 – 0,7 | 0,16 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | Помірна рослинність | 0,5 – 0,6 | 4,31 | 0,32 | 0,32 | 4,15 |
| 6 | Помірна рослинність | 0,4 – 0,5 | 8,29 | 4,15 | 3,67 | 12,60 |
| 7 | Розріджена рослинність | 0,3 – 0,4 | 16,43 | 4,78 | 10,69 | 29,51 |
| 8 | Розріджена рослинність | 0,2 – 0,3 | 28,07 | 19,78 | 29,82 | 29,35 |
| 9 | Відкритий ґрунт | 0,1 – 0,2 | 30,46 | 44,34 | 37,80 | 17,22 |
| 10 | Відкритий ґрунт | 0,0 – 0,1 | 11,48 | 25,36 | 16,27 | 7,02 |
| 11 | Штучні матеріали | -1 – 0,0 | 0,80 | 1,28 | 1,44 | 0,16 |

За шкалою І.Г. Семенової (2014) [264] стан 12,6 % деревних рослин в 2018 році, характеризується як «задовільний», та 58,86 % як «поганий». І лише 4,15 % віднесено до категорії «добрий». Слід зазначити, що пригнічений стан рослин пояснюється не тільки негативною дією на них промислових викидів, але й внаслідок значного віку насаджень (близько 50 років).

За допомогою проведеної калькуляції нормалізованого індексу визначили щільність насадження СЗЗ підприємства Дніпроспецсталь за 1990, 2000, 2010, 2018. Аналізуючи дані таблиці 5.17, можемо сказати, що з 2000 по 2018 рік зменшується відсоток площі без рослинності. В 1990 році 43,92 % території

займав відкритий ґрунт, у 2000 – 55,42 %, у 2010 – 36,07, у 2018 році цей показник становив 26,18 %.

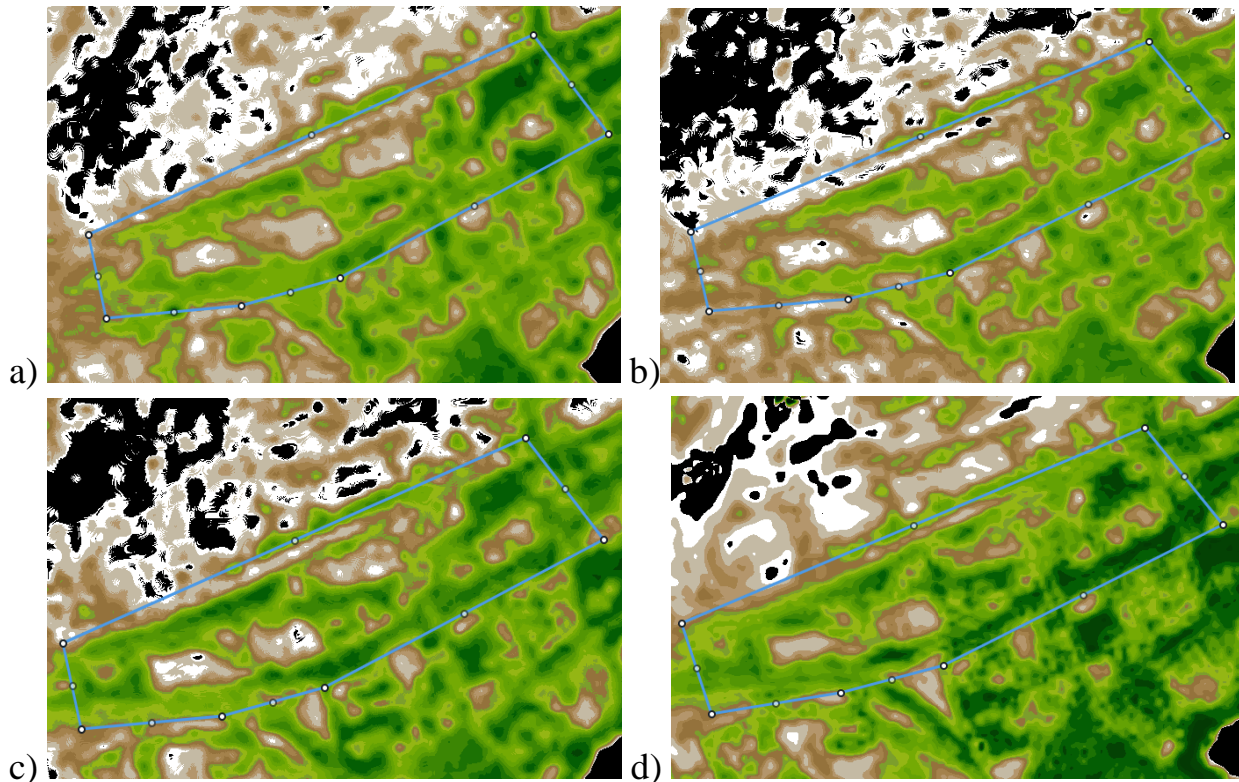


Рис. 5.16. Щільність рослин у захисному насадженні заводу Дніпропецсталь, що визначено за допомогою вегетаційного індексу NDVI а) 1990; б) 2000; в) 2010; г) 2018.

Таблиця 5.17.

Значення NDVI СЗЗ заводу Дніпропецсталь в досліджуванні роки

| Клас | Назва класу | Діапазон значень | Відносна площа, % | | | |
|------|------------------------|------------------|-------------------|-------|-------|-------|
| | | | 1990 | 2000 | 2010 | 2018 |
| 1 | Густа рослинність | 0,9 – 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | Густа рослинність | 0,8 – 0,9 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | Густа рослинність | 0,7 – 0,8 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | Густа рослинність | 0,6 – 0,7 | 0,28 | 0 | 0 | 2,69 |
| 5 | Помірна рослинність | 0,5 – 0,6 | 3,55 | 0 | 2,43 | 8,17 |
| 6 | Помірна рослинність | 0,4 – 0,5 | 8,60 | 4,58 | 16,54 | 14,86 |
| 7 | Розріджена рослинність | 0,3 – 0,4 | 16,92 | 15,79 | 20,19 | 24,70 |
| 8 | Розріджена рослинність | 0,2 – 0,3 | 26,73 | 23,46 | 24,67 | 23,40 |
| 9 | Відкритий ґрунт | 0,1 – 0,2 | 25,70 | 30,47 | 21,21 | 18,94 |
| 10 | Відкритий ґрунт | 0,0 – 0,1 | 18,22 | 24,95 | 14,86 | 7,24 |
| 11 | Штучні матеріали | -1 – 0,0 | 0 | 0,75 | 0,09 | 0 |

В 2000 році у зеленій зоні були висаджені такі рослини як *Tilia cordata*, *Betula pendula*, *Thuja occidentalis*, *Picea abies*, *Picea pungens*, в 2010 *Juglans regia*.

Внаслідок їх росту збільшилась частка щільності насадження. Слід відзначити, що на окремих територіях зростає самосів суцільними групами, утворюють непродувні хащі. На зображеннях (рис. 5.16) добре прослідковується, як ділянки зі щільною рослинністю з роками стають розрідженими, за рахунок відмирання дерев, а на тих, які були з розрідженою рослинністю, відбуваються протилежні процеси, вони заповнюються самосівом.

Отже, відбулися позитивні зміни в щільності захисного насадження, але це в більшій мірі за рахунок самосіву, оскільки частка дерев, що була висаджена мізерна.

Аналіз стану рослин за останній рік дослідження (2018) показав, що 48,1 % за шкалою І.Г Семенової (2014) [264] оцінено як «поганий», 14,86 – як «задовільний», і лише 10,86 % оцінено до категорії «добре».

Таким чином, порівнюючи зміни в щільності санітарно-захисного насадження Дніпроспецсталь з 1990 року по 2018, можна констатувати: прослідковується підвищення значень нормалізованого відносного індексу рослинності за рахунок заповнення території самосівом та висаджених дерев в 2000 та 2010 роках рослин.

На зображеннях (рис. 5.17, 5.18) добре видно, як змінювалась структура захисних насаджень заводу Запоріжсталь з 1990 по 2018 рік. СЗЗ даного заводу умовно поділена на дві частини «А» – територія яка розташована перед центральною будовою, та «Б» – з задньої частини заводу, де розташовані Мартенівські печі. Цифрова інформація зміни густоти насаджень ділянки «А» свідчить, що з 1990 по 2000 рік збільшилась на 5,20 % територія, яку займає відкритий ґрунт. Значно зріс відсоток (на 18,15 %) ділянки, яка відповідає значенням NDVI 0,2 – 0,4, на 20,67 % зменшилась площа з помірною рослинністю. З 2000 року по 2018 спостерігається позитивна динаміка, на території розташованій перед адміністративним приміщенням заводу. За певною частиною насаджень здійснюється нагляд. Висадженні в 2000 та 2010 році нові рослини *Acer pseudoplatanus*, *Catalpa bignonioides*, *Betula pendula*, *Thuja occidentalis* та з'явилися нові квітники. Але є частина території, що розташована

північніше, на якій занедбані та ослаблені рослини, з великою кількістю сухого гілля, на цій ділянці зростає велика кількість порослі айланта найвищого та в'язу граболистого.

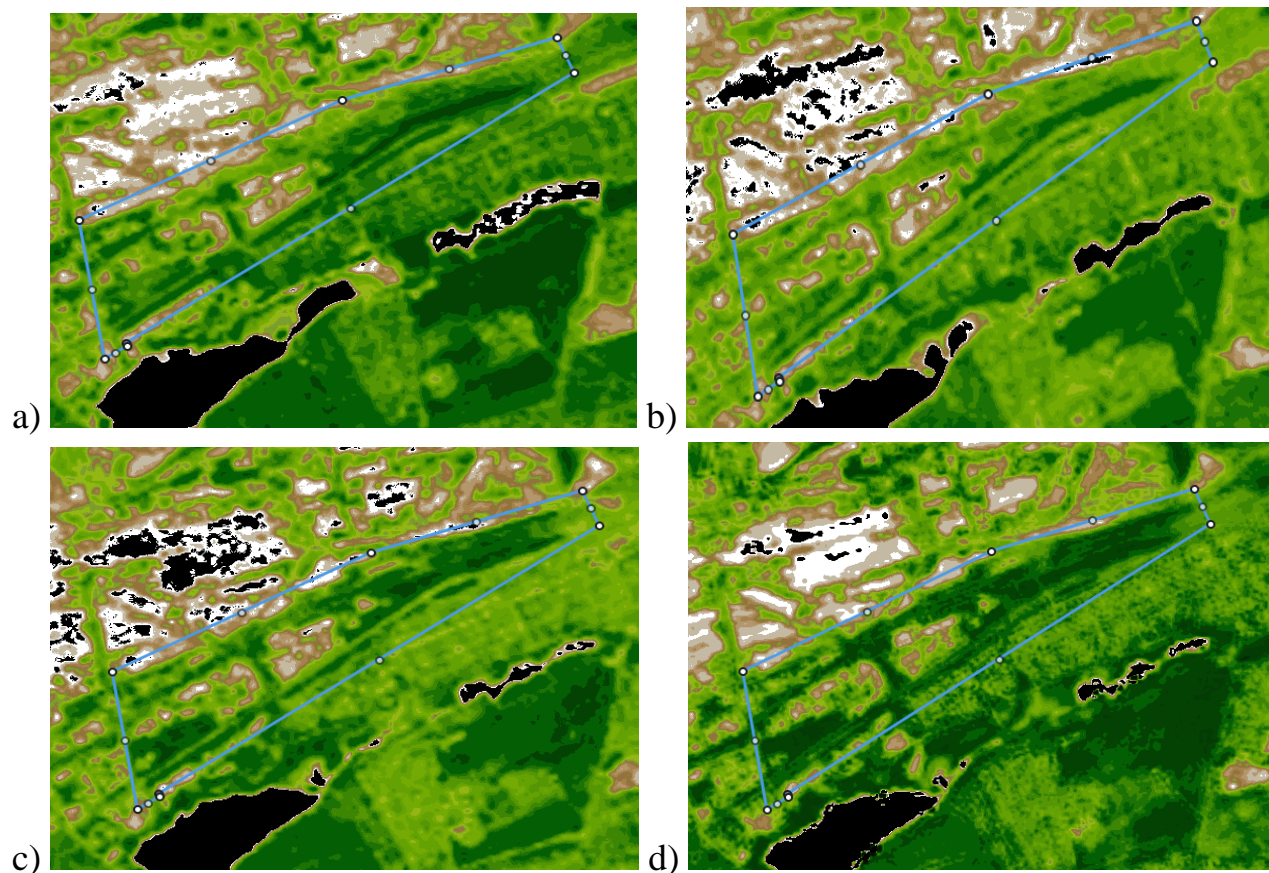
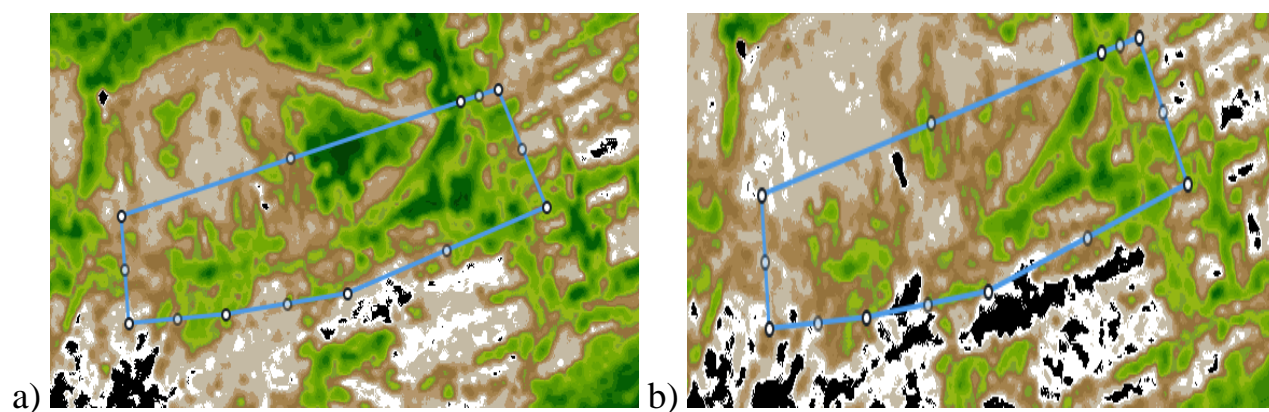


Рис. 5.17. Щільність рослин у захисному насадженні заводу Запоріжсталь (Ділянка А) що визначена за допомогою вегетаційного індексу NDVI а) 1990; б) 2000; с) 2010; д) 2018.



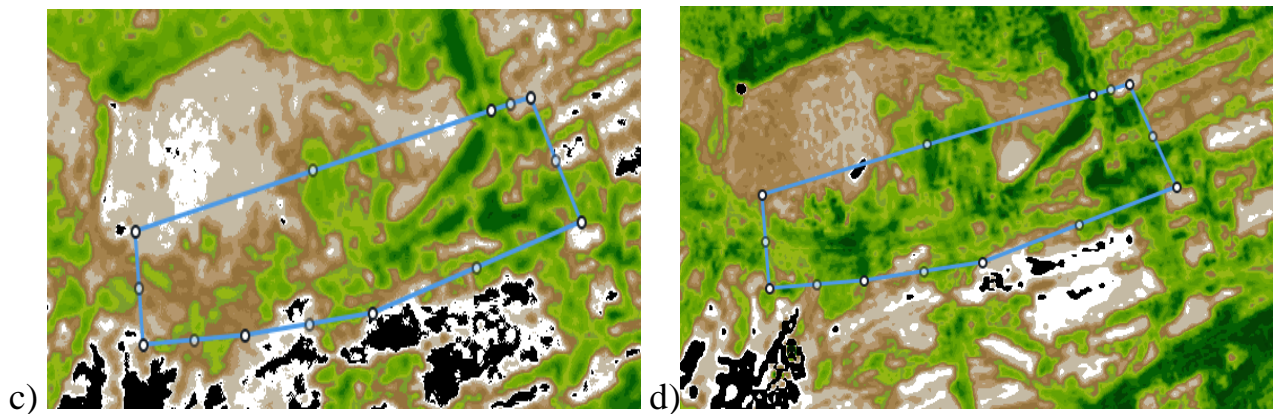


Рис. 5.18. Щільність рослин у захисному насадженні заводу Запоріжсталь (Ділянка Б), що визначено за допомогою вегетаційного індексу NDVI а) 1990; б) 2000; с) 2010; д) 2018.

Таблиця 5.18

Значення NDVI СЗЗ заводу Запоріжсталь в досліджуванні роки (ділянка А)

| Клас | Назва класу | Діапазон значень | Відносна площа, % | | | |
|------|------------------------|------------------|-------------------|-------|-------|-------|
| | | | 1990 | 2000 | 2010 | 2018 |
| 1 | Густа рослинність | 0,9 – 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | Густа рослинність | 0,8 – 0,9 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | Густа рослинність | 0,7 – 0,8 | 0 | 0 | 0 | 0,59 |
| 4 | Густа рослинність | 0,6 – 0,7 | 3,25 | 0 | 3 | 19,11 |
| 5 | Помірна рослинність | 0,5 – 0,6 | 14,30 | 4,77 | 15,86 | 21,35 |
| 6 | Помірна рослинність | 0,4 – 0,5 | 29,28 | 18,14 | 22,57 | 20,00 |
| 7 | Розріджена рослинність | 0,3 – 0,4 | 19,07 | 30,30 | 21,65 | 15,23 |
| 8 | Розріджена рослинність | 0,2 – 0,3 | 13,12 | 20,04 | 14,51 | 10,42 |
| 9 | Відкритий ґрунт | 0,1 – 0,2 | 11,69 | 14,30 | 12,66 | 8,65 |
| 10 | Відкритий ґрунт | 0,0 – 0,1 | 9,20 | 11,39 | 9,28 | 4,64 |
| 11 | Штучні матеріали | -1 – 0,0 | 0,08 | 1,05 | 0,46 | 0 |

З 2000 року по 2018 майже в двічі скоротилась площа з розрідженою рослинністю, а збільшилась з помірною рослинністю на 18,44 %. Необхідно відмітити, що з 2000 року в роки дослідження (2010, 2018) поступово зменшився відсоток площі з відкритим ґрунтом, за рахунок створення квітників та заповнення окремих ділянок самосівом.

Оцінки стану рослинності за шкалою І.Г. Семенової (2014) [264] свідчить, що в 2018 році 20 % має «задовільний» стан, 15,23% та 10,42 % – «поганий» та «пригнічений» відповідно. 40,46 % – рослин, віднесено до категорії «добре», і лише «0,59» – «дуже добре». Отже, 45,65 % мають ослаблений стан.

Значення NDVI СЗЗ заводу Запоріжсталь в досліджуванні роки (ділянка Б)

| Клас | Назва класу | Діапазон значень | Відносна площа, % | | | |
|------|------------------------|------------------|-------------------|-------|-------|-------|
| | | | 1990 | 2000 | 2010 | 2018 |
| 1 | Густа рослинність | 0,9 – 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | Густа рослинність | 0,8 – 0,9 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | Густа рослинність | 0,7 – 0,8 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | Густа рослинність | 0,6 – 0,7 | 1,25 | 0 | 0,12 | 3,08 |
| 5 | Помірна рослинність | 0,5 – 0,6 | 4,57 | 0,18 | 2,73 | 8,07 |
| 6 | Помірна рослинність | 0,4 – 0,5 | 7,06 | 3,86 | 5,69 | 15,01 |
| 7 | Розріджена рослинність | 0,3 – 0,4 | 11,80 | 7,47 | 10,79 | 17,85 |
| 8 | Розріджена рослинність | 0,2 – 0,3 | 22,60 | 14,06 | 19,45 | 22,12 |
| 9 | Відкритий ґрунт | 0,1 – 0,2 | 32,03 | 37,13 | 35,65 | 21,29 |
| 10 | Відкритий ґрунт | 0,0 – 0,1 | 20,64 | 35,65 | 25,15 | 12,28 |
| 11 | Штучні матеріали | -1 – 0,0 | 0,06 | 1,66 | 0,42 | 0,300 |

Ділянка «Б» ніколи не знаходилась під наглядом. Тут зростає велика кількість представників родини *Aceraceae* і територія заповнена самосівом *Acer negundo*, *Ulmus carpinifolia* та *Ailanthus altissima*. В 1990 році територія з відкритим ґрунтом становила 52,67 %, самий великий відсоток з цим діапазоном значень спостерігається в 2000 році – 72,78 %. Далі територія поступово заростає самосівом. У 2010 відсоток території без вегетації становить 60,80%, в 2018 – 33,57 %. Відсоток площі з розрідженою рослинністю в 2018 році, в порівнянні з 1990 роком дослідження майже не змінився.

Площа території, яка відповідає значенням NDVI як помірна та густа рослинність, збільшилась майже вдвічі. Але щільність рослин зростає за рахунок самосіву. За шкалою І.Г. Семенової (2014) [264] на 2018 рік 11,15% рослинного покриву оцінено категорією «добрий», решта – «ослаблені».

На табл. 5.20 представленні зміни щільності та стану захисних насаджень заводу Вогнетрив (з 1990 по 2018).

З 1990 року по 2000 рік зросла площа з відкритим ґрунтом на 6,7 %. З 2000 року по 2018 прослідковуються позитивні зміни в діапазоні значень індексу від 0,0–0,2 (зменшення відсотку з відкритим ґрунтом). Якщо порівняти 2000 та 2018 роки, то в останньому році дослідження зменшилась площа з відкритим ґрунтом на 9,91 %. У 1990 році 29,98 % займаної площі – це розріджена рослинність, а в

2000 – 62,81 %. Прослідковується поступове зменшення відсотку, який відповідає значенням NDVI 0,2 – 0,4, (розріджена рослинність). У 2018 році територія з розрідженою рослинністю становила 24,46 %. Площа ділянок, на яких зростає густа рослинність, у останньому році дослідження зросла вдвічі в порівнянні з 1990 року.

Таблиця 5.20.

Значення NDVI СЗЗ заводу Вогнетрив в досліджуванні роки

| Клас | Назва класу | Діапазон значень | Відносна площа, % | | | |
|------|------------------------|------------------|-------------------|-------|-------|-------|
| | | | 1990 | 2000 | 2010 | 2018 |
| 1 | Густа рослинність | 0,9 – 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | Густа рослинність | 0,8 – 0,9 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | Густа рослинність | 0,7 – 0,8 | 1,93 | 0 | 0 | 2,57 |
| 4 | Густа рослинність | 0,6 – 0,7 | 9,91 | 0,77 | 0 | 25,61 |
| 5 | Помірна рослинність | 0,5 – 0,6 | 24,97 | 3,60 | 8,11 | 21,88 |
| 6 | Помірна рослинність | 0,4 – 0,5 | 24,07 | 16,99 | 26,25 | 19,56 |
| 7 | Розріджена рослинність | 0,3 – 0,4 | 18,4 | 35,01 | 32,82 | 15,32 |
| 8 | Розріджена рослинність | 0,2 – 0,3 | 11,58 | 27,80 | 22,14 | 9,14 |
| 9 | Відкритий ґрунт | 0,1 – 0,2 | 5,66 | 12,10 | 8,49 | 5,41 |
| 10 | Відкритий ґрунт | 0,0 – 0,1 | 3,47 | 3,73 | 2,19 | 0,51 |
| 11 | Штучні матеріали | -1 – 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Внаслідок проведеної нами інвентаризації дендрофлори цієї СЗЗ можемо сказати що щільність рослин збільшується не за рахунок підсаження нових дерев, а за рахунок самосіву *Acer negundo*, *Ailanthus altissima* (рис. 5.19).

Відсоток площі з помірною рослинністю при порівнянні двох років – 1990 та 2018, зменшився на 7,6 % в останньому. В 2000 році стосовно 1990 року збільшувалась площа з розрідженою рослинністю, а зменшувалась з помірною, за рахунок відмирання деревостану та збільшення сухого гілля. Потім почалися процеси відновлення за рахунок розповсюдження та швидкого росту самосіву.

Згідно шкали І.Г. Семенової (2014) [264], стан рослин 47,49 % оцінено як «добрий» 2,57 – дуже «добрий». 9,41 % території зайнято пригніченою рослинністю та 15,32 % віднесено до категорії «задовільно». Отже, 40,29 % насаджень мають ослаблений стан.

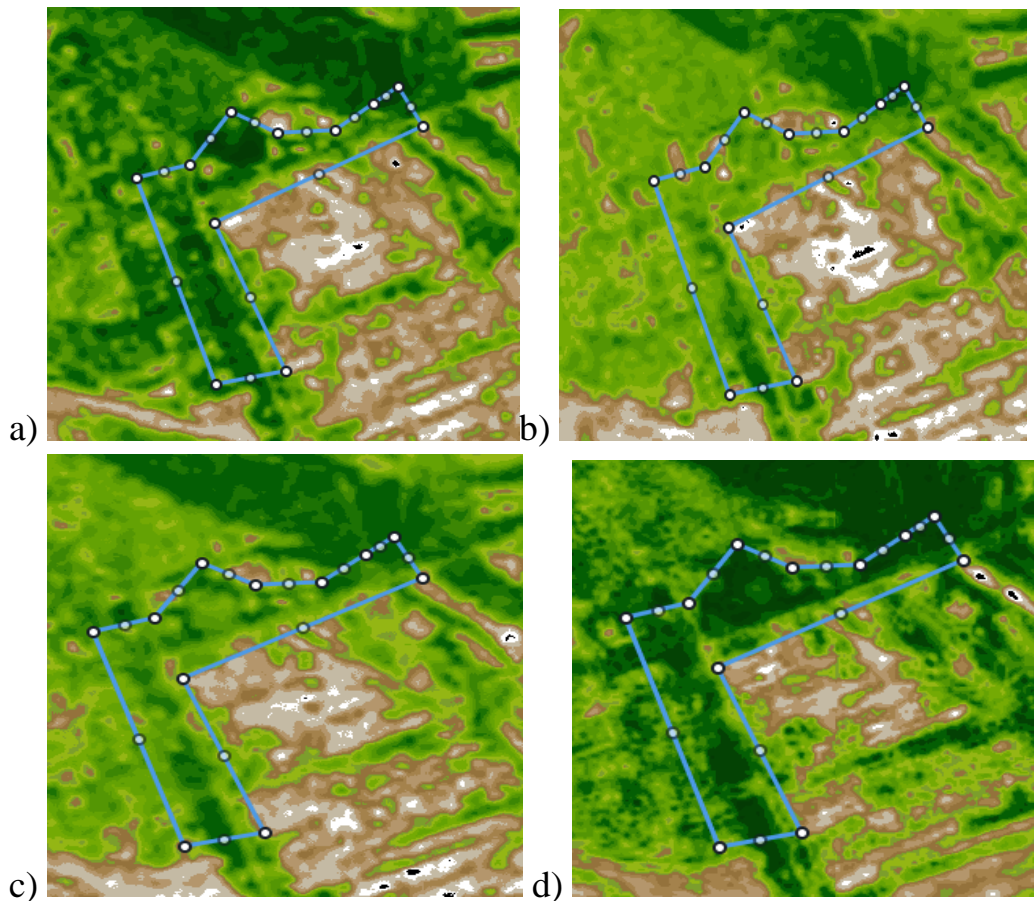


Рис. 5.19. Щільність рослин у захисному насадженні заводу Вогнетрив що визначали за допомогою вегетаційного індексу NDVI. а) 1990; б) 2000; в) 2010; г) 2018.

За допомогою NDVI дослідили часові зміни в структурі насаджень санітарно-захисної лісосмуги Титано-магнієвого комбінату. На зображеннях (рис. 5.20) помітні зміни в їх щільності за роки дослідження. У 1990 році площа з відкритим ґрунтом займала 10,63 % території, а в 2018 – 4,67 %. Прогресивні зміни були помітні в 2010 році – 9,46 %. Аналогічні зміни відбувались з величиною території, яка зайнята розрідженою рослинністю. З 1990 по 2000 рік відбувалось збільшення яке відповідає індексу NDVI 0,2–0,4. У 2018 році лише 24,77 % площі зеленої зони займає розріджена рослинність, що в 1,6 менше в порівнянні з 1990 роком. В 2000 році відсоток площі з помірною щільністю рослин зменшився на 6 %, та становить 36,22 %, в 2010 році відбулися позитивні зміни і територія з такою компактністю рослин становила вже 49,18 %. У 2018 в порівнянні з 1990 р. розміри ділянки, на якій зростає рослинність з помірною щільністю залишилися без змін. Однак за інформативною складовою космічних

знімків з 1990 року по 2018 збільшилася зростаюча площа зі щільною рослинністю (на 20,91 %). На основі проведеної нами інвентаризації можемо стверджувати, що зростання щільності насаджень відбулося за рахунок самосіву. Промислові емісії негативно впливають на деревні рослини, призводять до їх відмирання, тому щільність з 1990 до 2000 р. знизилася за рахунок ослаблення дерев та відмирання. З 2010 року по 2018 територія значно заповнилася самосівом.

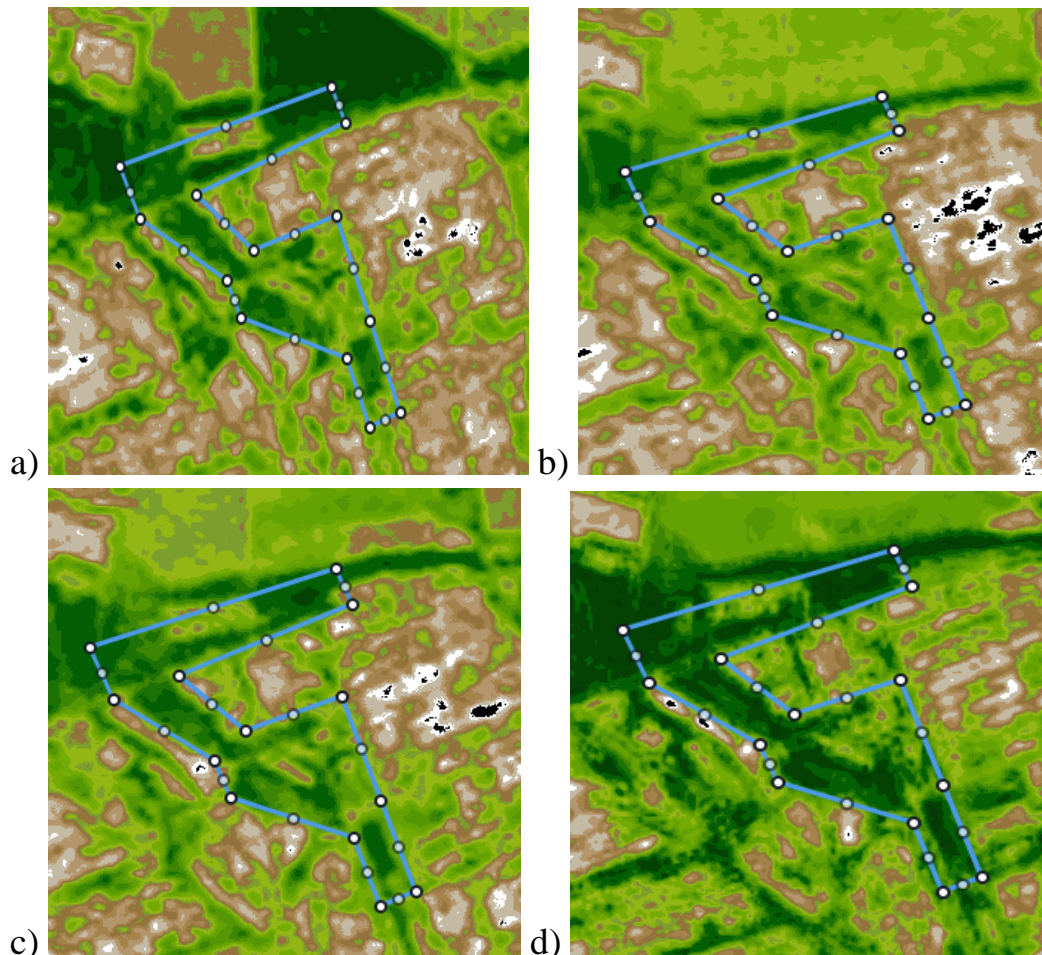


Рис. 5.20. Щільність рослин у захисному насадженні Титано-магнієвого заводу за допомогою вегетаційного індексу NDVI а) 1990; б) 2000; в) 2010; г) 2018.

Оцінка стану рослинності в 2018 році за шкалою І.Г. Семенової (2014) [264]: свідчить, що на території СЗЗ Титано-магнієвого комбаніту до пригніченого стану відноситься 9,7 % рослинності, 15,07 % її оцінена як «погана», 50 % території лісонасадження віднесено до категорії «добре», менше 1 % рослин – «дуже добре». Ми вважаємо, що це відбувається за рахунок нових висаджених у 2000 та 2010 роках хвойних дерев. Отриманні значення за шкалою стану рослинності

запропонованою І.Г. Семенової (2014) [264] та наші дані, що одержані внаслідок інвентаризації деревостану СЗЗ різняться. До категорії без ознак ушкодження в 2018 році відноситься 8,78%. До помірно ослаблених та середньо ослаблених віднесено 70,53 та 18,59 % відповідно, 2,1 % насадження – поганого та сухостою.

Таблиця 5.21

Значення NDVI СЗЗ Титано-магнієвого заводу в досліджуванні роки

| Клас | Назва класу | Діапазон значень | Відносна площа, % | | | |
|------|------------------------|------------------|-------------------|-------|-------|-------|
| | | | 1990 | 2000 | 2010 | 2018 |
| 1 | Густа рослинність | 0,9 – 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | Густа рослинність | 0,8 – 0,9 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | Густа рослинність | 0,7 – 0,8 | 0 | 0 | 0 | 0,70 |
| 4 | Густа рослинність | 0,6 – 0,7 | 7,24 | 0 | 0,7 | 27,45 |
| 5 | Помірна рослинність | 0,5 – 0,6 | 20,91 | 9,93 | 18,22 | 23,83 |
| 6 | Помірна рослинність | 0,4 – 0,5 | 21,38 | 26,29 | 30,96 | 18,57 |
| 7 | Розріджена рослинність | 0,3 – 0,4 | 19,04 | 28,04 | 22,31 | 15,07 |
| 8 | Розріджена рослинність | 0,2 – 0,3 | 20,79 | 22,55 | 18,34 | 9,70 |
| 9 | Відкритий ґрунт | 0,1 – 0,2 | 9,58 | 11,68 | 8,76 | 4,09 |
| 10 | Відкритий ґрунт | 0,0 – 0,1 | 1,05 | 1,52 | 0,70 | 0,58 |
| 11 | Штучні матеріали | -1 – 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Отже, за останні 28 років відбулися значні зміни в насадженні. Ті рослини, які були висаджені в СЗЗ рядами ще в 60–70- роках, вже втрачають свій життєвий потенціал, відбувається зрідження крон, щільності, обліщення, значна частина рослин загинула внаслідок чого насадження стали більш розрідженими. Мають багато сухого гілля, пригнічений приріст, а позитивні зміни в щільності насадження відбувається за рахунок самосіву *Ailanthus altissima* та *Ulmus carpinifolia*. Вони утворюють не продувні хащі. Це має негативне значення для очисних функцій насадження, оскільки порушується повітряний обмін фільтруючої конструкції. Слід відмітити, що за останні 10 років були висаджені клен гостролистий та хвойні: туя західна та східна, ялина, але їх частка в збільшенні численності деревостану незначна. Отже, на знімках спостерігається позитивна динаміка в змінах щільності, але це переважно за рахунок самосіву.

Проведені дослідження зелених масивів СЗЗ Трансформаторного заводу показали, що відносна площа з відкритим ґрунтом у 2018 у порівнянні з 2010 значно зменшилась (рис. 5.21).

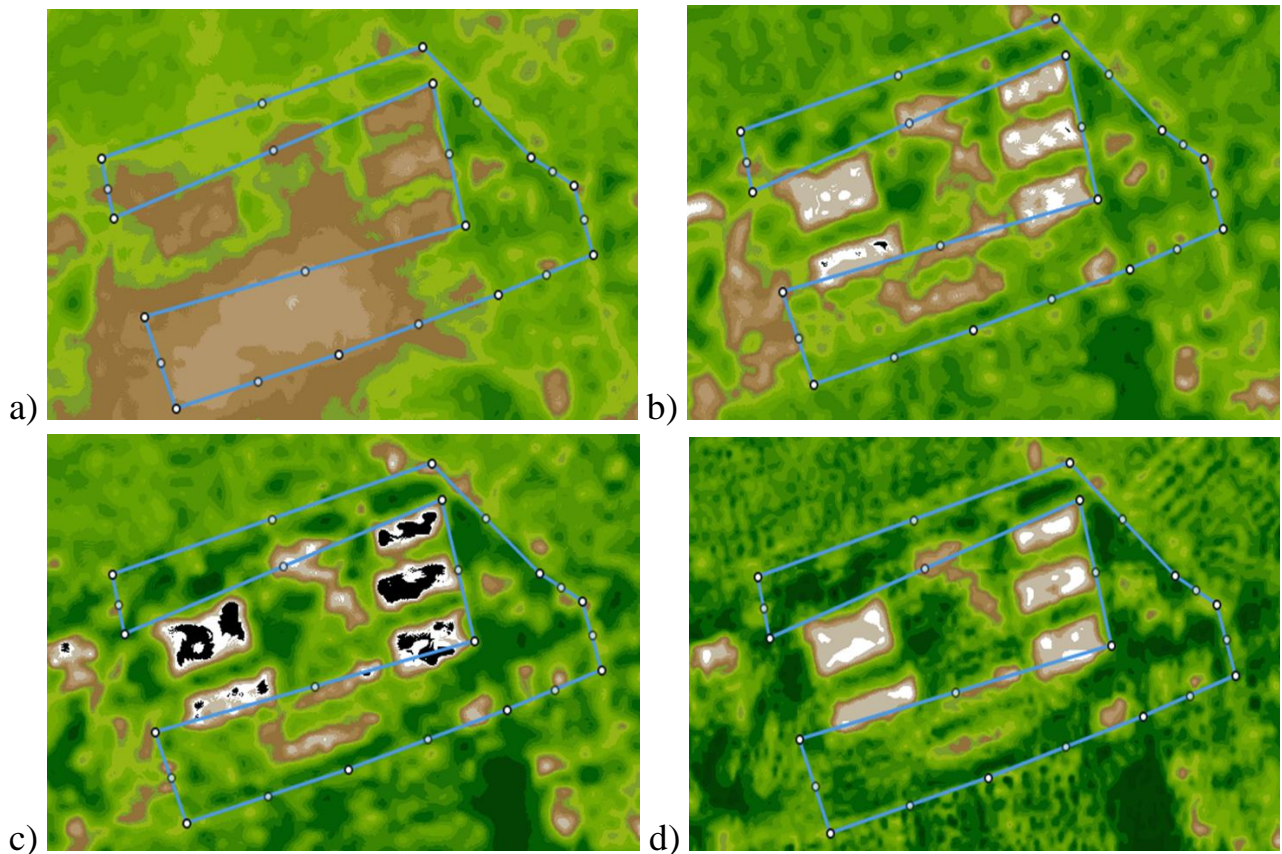


Рис. 5.21. Щільність рослин у захисному насадженні Трансформаторного заводу за допомогою вегетаційного індексу NDVI; а) 1990; б) 2000; с) 2010; д) 2018.

Таблиця 5.22.

Значення NDVI СЗЗ Трансформаторного заводу в досліджуванні роки

| Клас | Назва класу | Діапазон значень | Відносна площа, % | | | |
|------|------------------------|------------------|-------------------|-------|-------|-------|
| | | | 1990 | 2000 | 2010 | 2018 |
| 1 | Густа рослинність | 0,9 – 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | Густа рослинність | 0,8 – 0,9 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | Густа рослинність | 0,7 – 0,8 | 0 | 0 | 0 | 0,13 |
| 4 | Густа рослинність | 0,6 – 0,7 | 0,54 | 0 | 1,61 | 7,93 |
| 5 | Помірна рослинність | 0,5 – 0,6 | 7,39 | 1,48 | 14,25 | 21,77 |
| 6 | Помірна рослинність | 0,4 – 0,5 | 22,18 | 19,09 | 19,22 | 24,06 |
| 7 | Розріджена рослинність | 0,3 – 0,4 | 26,61 | 30,51 | 25,54 | 22,18 |
| 8 | Розріджена рослинність | 0,2 – 0,3 | 20,3 | 24,73 | 19,35 | 11,83 |
| 9 | Відкритий ґрунт | 0,1 – 0,2 | 16,8 | 17,2 | 12,63 | 7,6 |
| 10 | Відкритий ґрунт | 0,0 – 0,1 | 6,05 | 6,99 | 6,72 | 4,44 |
| 11 | Немає вегетації | -1 – 0,0 | 0,13 | 0 | 0,67 | 0 |

Прослідковуються позитивні зміни в динаміці з 2000 року. В порівнянні з 1990 року та 2018 займана площа зменшилась на 10,81 %, хоча 1990, 2000, та 2010 ці величини відносної площі з відкритим ґрунтом майже однакові. Подібні зміни відбувались і у величині площі розрідженої рослинності. З 1990 року по 2000 рослин, які були висаджені ще в 60 роках, досягали значного віку і втрачали життєві ознаки. З 2000 року були висаджені дерева *Tilia cordata*, *Juglans regia* і *Acer saccharinum*. Внаслідок цього збільшувалась щільність насадження, що підтверджується космічними знімками. З 2000 року зменшується відсоток з розрідженою рослинністю та збільшується територія з помірною та густою рослинністю.

Слід зазначити, у виробничому процесі Трансформаторного заводу викидається значно менше шкідливих поллютантів, ніж у процесі діяльності інших підприємств, на яких проводилися дослідження, не мають сильного впливу на рослинність і крім того, зелені насадження оновлюються, здійснюється нагляд за ними, висаджуються нові види.

Аналіз щільності деревостану показав подібні процеси у всіх вивчених захисних лісосмугах промислових підприємств м. Запоріжжя. З 1990 року по 2000 знижується щільність насадження та збільшується територія, яка відповідає значенням 0,0 – 0,2 (відкритий ґрунт). З 2000 по 2018 роки відбуваються позитивні зміни в щільності насадження за рахунок (СЗЗ заводів Вогнетрив, Титано-магнієвий, Запоріжсталь, Дніпроспецсталь) заповнення території самосівом. У всіх досліджуваних зелених насадженнях СЗЗ підприємств у 2000 та 2010 роках здійснювалась висадка нових порід, але кількісний показник їх незначний, тому вплив на щільність деревостану цих насаджень захисних зон невеликий (табл. 5.22).

Стан лише близько 10 % рослинності в зелених зонах СЗЗ по шкалі І. Г. Семенової (2014) [264], оцінено як «добрий», окрім насадження Вогнетрив та Запоріжсталь (ділянка Б). Для цих лісосмуг від 60 % до 54 % дерев віднесені до цієї категорії. Найгірший стан рослин характерний для захисних зон

Алюмінієвого комбінату та заводу Укрграфіт. Лише 2,73 та 4,15 % відповідно оцінено – «добре».

Отриманні дані можуть бути покладені в основу бази даних про стан зелених масивів СЗЗ ряду промислових підприємств м. Запоріжжя для подальших моніторингових спостережень, а також для прийняття рішень з реконструкції цих насаджень.

5.3 Флуктуюча асиметрія як показник рівня забруднення довкілля і зміни життєвого стану рослин

Підвищення інтенсивності впливу антропогенного навантаження на урбоєкосистеми потребує екологічної оцінки усіх її складових, насамперед, атмосферного повітря. Це можуть забезпечити методи біоіндикації, особливо ті, що базуються на морфогенетичному підході, який засновано на внутрішньоіндивідуальній мінливості морфологічних структур, а саме, ступені прояву флуктуючої асиметрії. Фітоіндикація є досить ефективною при оцінці екологічного стану території, оскільки живі системи дуже чутливі до змін зовнішнього середовища і мають властивість реагувати раніше, ніж ці зміни стануть очевидними [35-37, 175]. В якості біоіндикаційних деревних культур, для визначення забруднення навколишнього середовища, використовують *Betula pendula* [59, 195, 231, 257, 273, 399], *Acer platanoides* [69], *Acer pseudoplatanus* [79] *Salix alba*, *Populus pyramidalis* [235], *Quercus geminata* і *Q. myrtifolia* [362], *Miconia fallax* [481], *Armeniaca vulgaris* [130].

Листки *Betula pendula* може являти собою зручний показник для швидкої оцінки якості навколишнього середовища. Встановлено, що в урбанізованій зоні, в екологічних важких умовах, листки характеризуються збільшенням довжини черешка, зменшенням довжини та ширини листової пластинки та її площі. Режими догляду за культурдендрозонами не компенсують негативний вплив екологічних факторів [260]. Шкідники, які пошкоджують листову пластинку, також можуть викликати збільшення флуктуючої асиметрії листка [414]. Цей показник для берези повислої в урбанізованому середовищі збільшується в

залежності від концентрації таких забруднювачів як нікель [415], важкі метали і хронічне іонізуюче випромінювання [399], а також дещо збільшується у посушливих умовах [36]. В багатьох літературних джерелах зазначають, що на стабільність розвитку *Betula pendula* впливають викиди промислових підприємств та вихлопні гази автотранспорту [200, 231, 235]. Але деякі дослідники наголошують на тому, що показники асиметрії спричиняють абіотичні та біотичні фактори [24], вікові показники [129]. Сукупно всі фактори завдають суттєвого навантаження на рослинні насадження, що може відобразитись на зміні морфологічних ознак асиміляційного апарату *Betula pendula*.

Проте, існують дослідження які не підтверджують зв'язку між показниками флуктуючої асиметрії листків та рівнем забруднюючого атмосферного повітря. Данний показник не показав ніякої реакції ні на важкі метали, ні на посуху [520]. Про відсутню реакцію флуктуючої асиметрії на екологічний стрес відображено і в ряді інших роботах [364, 469].

Нами здійснено вивчення флуктуючої асиметрії листків берези повислої в умовах СЗЗ підприємств важкої та хімічної промисловості.

За результатами замірів та статистичної обробки величини асиметрії по 5-ти параметрам листової пластинки найбільш стійкою виявилась ознака 2 – довжина другої від основи листка жилки другого порядку, середні значення якої варіювали від 0,016 до 0,034 на різних дослідних ділянках (табл. 5.23). По параметру 3 (відстань між основами першої та другої жилки другого порядку) розбіжність між показниками лівої і правої сторони листка виявилась максимальною, величина асиметрії досягає 0,145 (у насадженні СЗЗ – заводу Дніпроспецсталь). Даний параметр найбільш інформативний, що підтверджується в роботах інших науковців [231, 300]. За ступенем збільшення порушення асиметрії показники розташували в наступній послідовності: 2>5>1>4>3. В ході проведення досліджень було встановлено загальний показник асиметрії морфометричних параметрів листової пластинки дерев *Betula pendula*. Виявлені відмінності у величині флуктуючої асиметрії, що є сукупним відображенням порушення стабільності розвитку листка даного виду на різних ділянках.

Значення параметрів флутуючої асиметрії

| Місце відбору проб | Ознака | $\bar{x} \pm s \bar{x}$ | min | max | S |
|---------------------------------|--------|-------------------------|-------|-------|-------|
| Контроль | 1 | 0,027±0,003 | 0,000 | 0,076 | 0,019 |
| | 2 | 0,016±0,002 | 0,000 | 0,072 | 0,015 |
| | 3 | 0,066±0,011 | 0,000 | 0,230 | 0,055 |
| | 4 | 0,012±0,003 | 0,000 | 0,091 | 0,023 |
| | 5 | 0,030±0,003 | 0,000 | 0,073 | 0,022 |
| | ФА | 0,030±0,009 | 0,012 | 0,066 | 0,021 |
| СЗЗ Титано-магнієвого комбінату | 1 | 0,030±0,003 | 0,005 | 0,084 | 0,019 |
| | 2 | 0,022±0,003 | 0,000 | 0,131 | 0,021 |
| | 3 | 0,143±0,016 | 0,000 | 0,404 | 0,105 |
| | 4 | 0,059±0,006 | 0,000 | 0,211 | 0,024 |
| | 5 | 0,060±0,015 | 0,005 | 0,638 | 0,098 |
| | ФА | 0,062±0,021 | 0,022 | 0,143 | 0,047 |
| СЗЗ Дніпроспецсталі | 1 | 0,031±0,004 | 0 | 0,100 | 0,024 |
| | 2 | 0,022±0,002 | 0 | 0,058 | 0,014 |
| | 3 | 0,145±0,020 | 0 | 0,552 | 0,127 |
| | 4 | 0,074±0,009 | 0 | 0,243 | 0,060 |
| | 5 | 0,035±0,003 | 0 | 0,077 | 0,022 |
| | ФА | 0,061±0,023 | 0,022 | 0,145 | 0,050 |
| СЗЗ Коксохімічного підприємства | 1 | 0,039±0,005 | 0 | 0,119 | 0,028 |
| | 2 | 0,034±0,009 | 0,006 | 0,356 | 0,054 |
| | 3 | 0,121±0,013 | 0 | 0,388 | 0,081 |
| | 4 | 0,074±0,005 | 0,02 | 0,182 | 0,036 |
| | 5 | 0,041±0,004 | 0 | 0,108 | 0,026 |
| | ФА | 0,061±0,016 | 0,033 | 0,121 | 0,036 |
| СЗЗ Вогнетриву | 1 | 0,047±0,005 | 0 | 0,139 | 0,035 |
| | 2 | 0,029±0,004 | 0 | 0,096 | 0,025 |
| | 3 | 0,103±0,012 | 0 | 0,396 | 0,075 |
| | 4 | 0,094±0,020 | 0 | 0,807 | 0,127 |
| | 5 | 0,054±0,007 | 0 | 0,168 | 0,043 |
| | ФА | 0,065±0,014 | 0,029 | 0,103 | 0,032 |
| СЗЗ Запоріжсталь | 1 | 0,033±0,003 | 0 | 0,092 | 0,024 |
| | 2 | 0,024±0,002 | 0 | 0,092 | 0,018 |
| | 3 | 0,134±0,018 | 0 | 0,611 | 0,116 |
| | 4 | 0,069±0,005 | 0 | 0,142 | 0,033 |
| | 5 | 0,032±0,003 | 0 | 0,086 | 0,022 |
| | ФА | 0,058±0,020 | 0,24 | 0,134 | 0,018 |
| СЗЗ Алюмінієвого комбінату | 1 | 0,045±0,005 | 0,003 | 0,233 | 0,037 |
| | 2 | 0,030±0,003 | 0,001 | 0,076 | 0,019 |
| | 3 | 0,115±0,015 | 0 | 0,531 | 0,100 |
| | 4 | 0,072±0,008 | 0 | 0,190 | 0,051 |
| | 5 | 0,051±0,006 | 0 | 0,135 | 0,038 |
| | ФА | 0,063±0,015 | 0,030 | 0,115 | 0,032 |
| СЗЗ Трансформаторного заводу | 1 | 0,033±0,004 | 0 | 0,136 | 0,029 |
| | 2 | 0,021±0,003 | 0 | 0,051 | 0,016 |
| | 3 | 0,066±0,011 | 0 | 0,313 | 0,069 |
| | 4 | 0,047±0,006 | 0 | 0,139 | 0,042 |
| | 5 | 0,034±0,005 | 0 | 0,151 | 0,032 |
| | ФА | 0,040±0,007 | 0,021 | 0,066 | 0,017 |

Примітка: \bar{x} – середнє значення у виборці, $s \bar{x}$ – похибка середнього значення, min – мінімальне значення у виборці, max – максимальне значення у виборці, s – стандартне відхилення.

Максимальний показник флуктуючої асиметрії *Betula pendula* відмічений на ділянці 1 (СЗЗ заводу Вогнетрив) – 0,065. Дане підприємство відноситься до III класу шкідливості, але близько розташоване до мартенівських печей Заводу Запоріжсталь. На ділянках СЗЗ заводів Запоріжсталь, Вогнетрив, Дніпроспецсталь, Коксохімічний та Титано-магнієвого, Алюмінієвого комбінатів коефіцієнт флуктуючої асиметрії коливається в межах 0,058–0,065 [286]. Мінімальні порушення спостерігаються в санітарно-захисних насадженнях Трансформаторного заводу – 0,040. За шкалою оцінки відхилень стану організму від умовної норми було визначено величину інтегрального показника стабільності розвитку для *Betula pendula* (табл. 5.24).

Таблиця 5.24

Шкала оцінки відхилень стану організму від умовної норми за величиною інтегрального показника стабільності розвитку

| Досліджувана ділянка | Величина показника стабільності розвитку | Якість середовища | Бал |
|----------------------|--|--------------------------------|-----|
| Контроль | 0,030 | Нормальна | I |
| Титано-магнієвий | 0,062 | Критичний стан | V |
| Дніпроспецсталь | 0,061 | Критичний стан | V |
| Коксохімічний | 0,061 | Критичний стан | V |
| Вогнетрив | 0,065 | Критичний стан | V |
| Запоріжсталь | 0,058 | Критичний стан | V |
| Алюмінієвий | 0,063 | Критичний стан | V |
| Трансформаторний | 0,040 | Початкове відхилення від норми | II |

Як видно з таблиці 5.24, стабільність розвитку характеризується різними балами. В зелених зонах Трансформаторного заводу інтегральний показник *Betula pendula* відповідає балу II, що свідчить про незначне відхилення від норми. Дана ділянка знаходиться в 7 км від промислового скупчення підприємств. Максимальні значення порушення стабільності розвитку відмічені у дерев, які зростають на ділянках з великим промисловим і транспортним навантаженням. Дані отримані на ділянках оцінені в п'ять балів і характеризують «критичний» стан середовища. Такі заводи як Дніпроспецсталь та Коксохімічний знаходяться поруч, межують

один з одним, їх значення флюктууючої асиметрії однакові – 0,061. Підприємство «Запоріжсталь» відноситься до I класу шкідливості, але показник асиметрія порівняно з іншими точками відбору значно менше. Це можна обґрунтувати поперше тим, що за цими деревами здійснюється нагляд та постійний полив, хоча за вказівками деяких дослідників режими догляду за культурдендрозами не компенсують негативний вплив екологічних факторів [260], а подруге, газоподібні забруднювачі внаслідок промислової діяльності заводу розсіюються значно вище, оскільки труби мають значну висоту.

Отже, використання інтегрального показника флюктууючої асиметрії, який розрахований на основі показників листкової пластинки, відображає значні відмінності в стабільності розвитку *Betula pendula* в залежності від рівня техногенного навантаження.

Найчутливішим до впливу урботехногенного середовища на листкові пластинки *Betula pendula* є показник 3 параметру – відстань між основами першої та другої жилки другого порядку, середнє значення якого становить 0,111 см. Параметр 2 – довжина другої від основи листка жилки другого порядку, є найбільш стійкий до впливу факторів техногенного забруднення середовища, асиметрія не перевищує 0,030 см.

На основі обчислення середнього значення ФА встановлена залежність порушення рівня симетрії за дії забруднення довкілля. Найбільшого техногенного пресу рослини зазнають в захисних насадженнях, що знаходяться біля промислових об'єктів Вонетриву, Запоріжсталь, Коксохімічного, Дніпроспецсталь, Титано-магнієвого та Алюмінієвого комбінатів (межі коливання показника флюктууючої асиметрії на цих ділянках від 0,058 до 0,065), менші значення встановлені для листків С33 заводу Запоріжсталь.

Найчутливішим до впливу урботехногенного середовища на листкові пластинки *Betula pendula* є показник 3 параметру – відстань між основами першої та другої жилки другого порядку, середнє значення якого становить 0,111 см. Параметр 2 – довжина другої від основи листка жилки другого порядку, є

найбільш стійкий до впливу факторів техногенного забруднення середовища, асиметрія не перевищує 0,030 см.

На основі обчислення середнього значення ФА встановлена залежність порушення рівня симетрії за дії забруднення довкілля. Найбільшого техногенного пресу рослини зазнають в захисних насадженнях, що знаходяться біля промислових об'єктів Вонетриву, Запоріжсталь, Коксохімічного, Дніпроспецсталь, Титано-магнієвого та Алюмінієвого комбінатів (межі коливання показника флюктууючої асиметрії на цих ділянках від 0,058 до 0,065).

Таким чином, найбільша кількість патологій стовбурів деревних рослин виявлена в насадженні СЗЗ Коксохімічного заводу. На другому місці захисні лісосмуги заводів Запоріжсталь та Феросплавів. Це узгоджується з величиною індексів життєвого стану деревостанів обстежених захисних насаджень промислових підприємств. Життєвий стан деревостанів всіх досліджуваних насаджень СЗЗ є пошкодженим, або ослабленим. Проте, згідно розрахункам, найкращий стан деревостану встановлено для захисного насадження Трансформаторного заводу. Найгірша ситуація склалась в лісосмугах таких заводів як Феросплавів, Запоріжсталь, та Коксохімічний. Ці підприємства займають перші місця стосовно викидів шкідливих газоподібних речовин у повітря. Оцінка щільності насаджень СЗЗ промислових підприємств м. Запоріжжя в динаміці з використанням даних супутника Landsat показала такі зміни. З 1990 р. по 2000 р. збільшується територія, яка відповідає значенням 0,0 – 0,2 (відкритий ґрунт), та знижується щільність насадження. З 2000 р. по 2018 р. відбуваються зміни осаннього показника за рахунок заповнення території СЗЗ заводів Вогнетрив, Титано-магнієвий, Запоріжсталь, Дніпроспецсталь самосівом. У всіх досліджуваних зелених насадженнях СЗЗ підприємств з 2000 р. по 2010 р. здійснювалась висадка нових порід, але кількісний показник їх незначний, тому вплив на щільність деревостану цих насаджень захисних зон невеликий. Зелені насадження СЗЗ досліджуваних підприємств потребують досадження дерев та заміни сухостою.

Найчутливішим до впливу техногенного забруднення на листкові пластинки *Betula pendula* є показник 3 параметру – відстань між основами першої та другої жилки другого порядку. Параметр 2 – довжина другої від основи листка жилки другого порядку, є найбільш стійкий до впливу промислових поллютантів. На основі обчислення середнього значення ФА встановлена залежність порушення рівня симетрії за дії забруднення довкілля. Найбільшого техногенного пресу рослини зазнають у захисних насадженнях, що знаходяться біля промислових об'єктів Вогнетрив, Запоріжсталь, Коксохімічний, Дніпроспецсталь, Алюмінієвий комбінат (межі коливання показника флуктуючої асиметрії на цих ділянках від 0,058 до 0,065).

Висновки до розділу

1. Найбільший відсоток дерев, що віднесені до категорії життєвого стану без ознак ослаблення, у захисному насадженні підприємства Трансформаторний (20,13 % від числа рослин в лісосмузі). У СЗЗ заводів Коксохімічний, Запоріжсталь та Феросплавний кількість середньо ослаблених та сильно ослаблених деревних рослин більша порівняно з обстеженими зеленими смугами інших підприємств. Ці заводи лідери Запорізького промислового регіону як за об'ємом виробництва, так і за кількістю викидів в атмосферу.

2. На основі розподілу дерев за категоріями життєвого стану виділено стійкі їх види: *Ulmus parvifolia*, *Robinia pseudoacacia*, *Ailanthus altissima*, *Morus alba*, *Ulmus carpinifolia*, *Fraxinus lanceolata*, *Ulmus laevis*, *Populus alba*, *Platanus acerifolia*, *Picea pungens*.

3. Найбільша кількість патологій стовбурів деревних порід виявлена в насадженнях заводів Коксохімічного, Запоріжсталь та Феросплавів, а найменша – Трансформаторного та Склофлюс.

4. За величиною індексу відносного життєвого стану обстежені деревостани СЗЗ всіх промислових підприємств є пошкодженими, або ослабленими. Найгірша ситуація в лісосмугах таких заводів як Вогнетрив, Запоріжсталь, та Коксохімічний, а найкраща – Трансформаторного заводу.

5. Згідно даних супутника Landsat з 1990 р. по 2000 р. щільність насаджень СЗЗ знижується й збільшується територія відкритого ґрунту. З 2000 р. по 2010 р. щільність зростає, і найбільш інтенсивний її підйомом спостерігається в інтервалі до 2018 року. Цей показник у СЗЗ таких заводів як Вогнетрив, Титано-магнієвий, Запоріжсталь, Дніпроспецсталь зростає переважно за рахунок заповнення території самосівом, а у СЗЗ інших підприємств – внаслідок висадки нових рослин, але кількісний показник їх не значний.

6. За величиною показника флуктуючої асиметрії листків найбільшого техногенного пресу зазнають рослини у СЗЗ промислових об'єктів Вогнетрив, Запоріжсталь, Коксохімічний, Дніпроспецсталь та Алюмінієвий комбінат. Межі

його значення на цих ділянках від 0,058 до 0,065, найменші – для листків Трансформаторного заводу (0,040).

Перелік посилань за матеріалами розділу: [15, 24, 35, 36, 37, 54, 59, 69, 79, 84, 88, 114, 129, 130, 135, 152, 167, 168, 170, 175, 187, 195, 200, 207, 210, 229, 231, 235, 236, 257, 258, 259, 260, 261, 263, 265, 264, 266, 273, 285, 286, 287, 289, 290, 291, 300, 322, 337, 348, 362, 364, 375, 399, 414, 415, 428, 439, 442, 453, 456, 457, 458, 469, 481, 501, 515, 520].

РОЗДІЛ 6
АНАЛІЗ РОЛІ РОСЛИН ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕНЬ СЗЗ ПРОМИСЛОВИХ
ПІДПРИЄМСТВ В ДООЧИЩЕННІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ
М. ЗАПОРІЖЖЯ

У процесі промислової діяльності людини атмосферне повітря забруднюється газоподібними поллютантами, серед яких пріоритетна роль належить сполукам сірки, особливо SO₂, фторидам, хлоридам, фенолам). Оздоровлення атмосферного повітря є глобальною проблемою сучасності. З цією метою поряд з технологічними способами використовується біологічний метод, оскільки застосування навіть найдосконаліших фільтрів не може повністю запобігти надходженню в оточуюче середовище шкідливих речовин [138, 212]. Рослинність є специфічним універсальним фільтром, що здатен у комплексі з технічними засобами захищати оточуюче середовище від забруднення інгредієнтами промислових викидів [157, 437].

Як вже відмічалось, велике значення в поглинанні токсичних аерополлютантів мають зелені насадження в СЗЗ біля підприємств.

Кожному виду рослин притаманна своя гранична доза накопичення будь-якої забруднюючої речовини. Цей показник необхідно враховувати при створенні зелених насаджень СЗЗ промислових підприємств. Врахування газопоглинальної здатності певних видів деревних рослин є важливою умовою створення ефективних зелених фільтрів і отримання максимального санітарно-гігієнічного ефекту [163, 177, 451]. Рослини здатні не тільки локалізувати й нейтралізувати токсичні компоненти промислових викидів, а навіть викликати їх детоксикацію. Виникли принципово нові ланцюги в біологічному колообігу, в якому рослинні організми відіграють першочергову роль і ніщо не може замінити їх діяльності [75, 138, 267, 510]. Слід зазначити, що масштаби природнього самоочищення довкілля за допомогою рослин в повній мірі ще не оцінені. Для того, щоб належним чином захистити оточуюче середовище від поллютантів, необхідний

значний об'єм знань з накопичення забруднювачів в органах різних видів рослин та їх середовищевірної ролі за певних умов зростання.

Інтенсивність поглинання газів залежить не тільки від фізіолого-біохімічних особливостей рослин, але й від концентрації поллютантів [361, 396], тривалості їх дії, й екологічних умов зростання [75, 138, 293]. Це утруднює можливість розробити єдині рекомендації навіть для споріднених підприємств в різних кліматичних зонах. У кожному конкретному випадку рослинні угруповання будуть виконувати свою роль з неоднаковою ефективністю. Отже, рекомендації з озеленення повинні мати точну екологічну адресу, хоча існують і певні загальні закономірності.

6.1 Накопичення сірки в листках деревних рослин, що зростають в умовах забруднення атмосферного повітря SO_2

У СЗЗ промислових підприємств повітря забруднене шкочинними сполуками сірки SO_2 , H_2S , рідше CS_2 . Діоксид сірки виділяється в атмосферне повітря під час горіння кам'яного та бурого вугілля, нафти й нафтопродуктів, деревини, внаслідок виготовлення сірчаної кислоти і плавління сірковмісних руд [420]. Особливо багато цієї сполуки викидається в оточуюче середовище під час роботи теплових електростанцій, підприємств чорної та кольорової металургії, цементних, коксохімічних, хімічних та інших заводів [138, 489, 498]. Так виплавка 1 т чавуну супроводжується надходженням в атмосферу в середньому 22,4 кг сірчаного ангідриду [143].

Зі сполук сірки найкраще поглинається листками SO_2 , потім H_2S , найменш активно CS_2 , два останні забруднювача зустрічаються значно рідше [269, 416]. Рушійною силою їх поглинання є дифузія молекул, де вони асимілюються клітинами і вступають у метаболізм [342, 447]. Деякі дослідники вважають, що вміст сульфату в рослинах доцільно використовувати для оцінки в них функціональних змін, котрі не виявляються у візуальних спостереженнях [497], або як індикатор активності забруднювача [461].

З метою визначення часу відбору проб для врахування ролі певних видів дерев в доочищенні атмосферного повітря від газоподібних сполук сірки, нами досліджена динаміка змін вмісту цього елемента протягом вегетаційного періоду в листках рослин, *Betula pendula*, *Aesculus hippocastanum*, *Robinia pseudoacacia* та *Morus alba* які зростають в СЗЗ заводу Запоріжсталь, що викидає в атмосферу найбільшу кількість цього поллютанту. Виявлено, що вміст сірки в органах асиміляції в процесі вегетації збільшувався, але неоднаковими темпами на різних фазах їх онтогенезу (рис. 6.1).

Згідно отриманих даних, у видів дерев СЗЗ з різним рівнем накопичення сірки в листках спостерігається східна динаміка її акумуляції протягом вегетації (рис. 6.1). Отже, у період інтенсивного росту листків цей процес відбувається меншими темпами, ніж в органах, що вже закінчили ріст. Можливо це пов'язано з тим, що під час росту листків темпи зростання їх маси більш інтенсивні, ніж накопичення сірки, тобто може мати місце, так званий ефект «розведення», що деякі дослідники спостерігали і при нагромадженні свинцю [392].

У подальшому (липень) темпи нагромадження елемента знижуються, надалі цей процес ще більш уповільнюється (рис. 6.1). Необхідно вказати, що за результатами деяких дослідників, молоді листки під час їх росту і розвитку найбільш активно поглинають діоксид сірки [17, 427], але за результатами інших – найсуттєвіше зростання вмісту сірки в листках відбувається в середині вегетації [61].

Як видно з рисунку 6.1, у період інтенсивного росту кількість елемента менша, ніж у молодих листках, що закінчили ріст. Ділянка кривої, що відображає процес нагромадження елемента в молодих листках, ріст яких вже припинився, найбільш крута. Подібна динаміка накопичення сірки характерна для чотирьох видів рослин, в листках яких досліджувався цей процес – *Betula pendula*, *Aesculus hippocastanum*, *Robinia pseudoacacia* та *Morus alba*. Максимальний вміст сірки в листках всіх рослин виявлено в кінці вегетації.

Отже, за нашими даними накопичення елемента в листках відбувається протягом всього вегетаційного періоду і найбільший його вміст виявлено в кінці

вегетатії. Це свідчить про те, що для обчислення середоочищувальної ролі рослин аналіз вмісту цього елемента в листках краще здійснювати в цей період. На те, що показник вмісту сірки в листках деревних рослин в умовах забруднення атмосферного повітря її сполуками максимальний в кінці вегетатії, відмічено і в інших роботах [61, 146, 392].

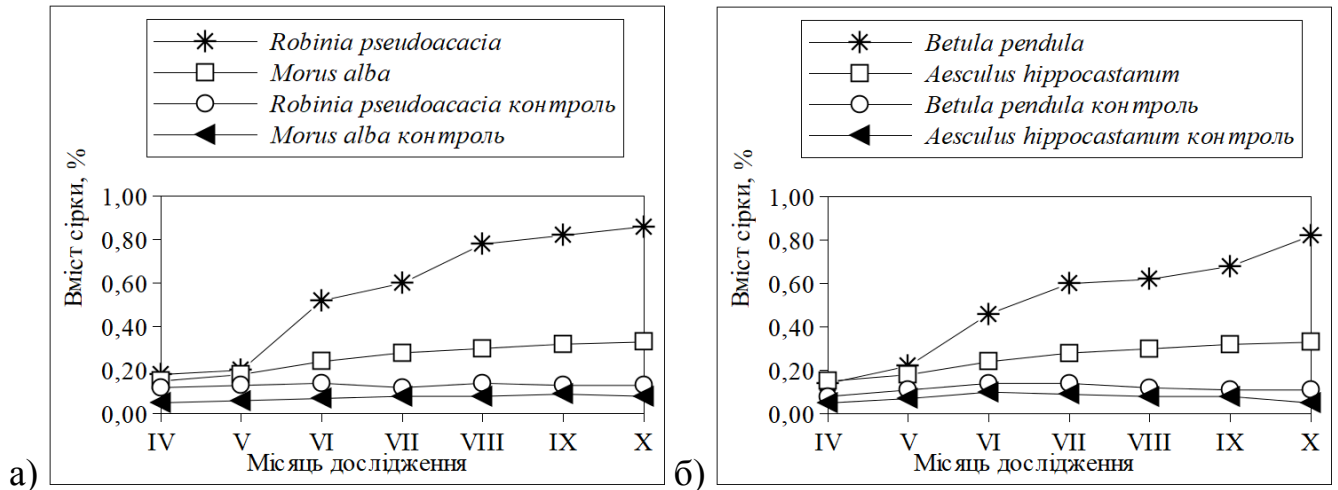


Рис. 6.1. Динаміка вмісту сірки в листках деревних рослин протягом вегетатії

В табл. 6.1 представленні дані акумуляції сірки в листках деревних рослин контрольної ділянки і СЗЗ промислових підприємств в кінці вегетатії (вересень). Результати досліджень показують, що незважаючи на близьке розташування ряду заводів одного від одного і розповсюдження сірчаного ангідриду на території суміжних санітарних зон, все ж таки найвища концентрація загальної сірки виявлена в листках рослин захисної лісосмуги заводу Запоріжсталь і дещо менша заводу Феросплавів, які викидають в оточуюче середовище найбільшу кількість цього забруднювача (табл. 6.1).

Кількість сірки в листках рослин контрольної ділянки коливається в межах від 0,08 % у *Fraxinus lanceolata* до 0,16 % від абсолютно сухої маси у *Juglans regia*. Необхідно відзначити, що вона відноситься до групи макроелементів і є необхідною для нормального росту і розвитку рослин. Сірка є складовою частиною амінокислот цистеїну, цистину, метіоніну. Разом з першою амінокислотою сірка входить до складу трипептиду глутатіону, що відіграє важливу роль у окисно-відновних процесах SH-групи білків беруть участь в

створені різних внутрішньомолекулярних зв'язків, за рахунок яких зберігається тривимірна структура білків. Через SH-групи здійснюється приєднання НАД, ФАД, а також геміну до каталітично активних білків. Сірка утворює макроергічний зв'язок в молекулі КоА. Вона є складовою частиною сірковмісних вітамінів (тіамін, ліпоєва кислота, біотин) [45]. Але в умовах забруднення довкілля її вміст в органах рослин перевищує фізіологічні концентрації.

Найменша кількість сірки акумулюється в листках деревних рослин СЗЗ таких підприємств як Трансформаторний завод, Титано-магнієвий та Алюмінієвий комбінати. Як видно з отриманих даних, (табл. 6.1), максимальні концентрації елемента, порівняно з іншими видами, накопичують листки таких рослин: *Betula pendula*, *Tilia cordata*, *Robinia pseudoacacia*, *Populus alba*, *Populus simonii*, *Populus nigra*, найменші – *Morus alba*, *Ailanthus altissima*, *Elaeagnus angustifolia* та *Ulmus carpinifolia*. Проміжне положення між цими двома групами займають: *Acer platanooides*, *Acer negundo*, *Fraxinus lanceolata*, *Catalpa bignonioides*.

Слід зазначити, що рівень накопичення сірки в листках рослин не відображує абсолютно вірно їх середовищеочищувальну роль. Деякі дослідники вказують, що не вся сірка, що поглинається з повітря, фіксується в листках. Частина її вимивається опадами і виділяється з вологою в атмосферу [75, 138, 139]. Сірка, що акумулюється листками у вигляді SO_2 і H_2S , може бути використана в метаболічних процесах, входячи до складу сірковмісних амінокислот та глутатіону [394, 411, 474] або у вигляді сульфатів пересуватися до інших органів [352, 452], а також у ґрунт з коренів [363]. Проте більшість авторів вважають, що показники нагромадження сірки в листках в середньому відображують акумуляційну, а отже і середовищеочищувальну здатність різних видів рослин [340, 517]. На наш погляд, це підтверджується даними Годзік, (1976) [382], отриманими в досліді на деревних рослинах, які різко відрізняються від таких на трав'яних рослинах.

Таблиця 6.1

Вміст сірки в листках деревних рослин, що ростуть в насадженнях СЗЗ промислових підприємств, % від абсолютної сухої маси ($\bar{x} \pm SE$, $n = 4$)

| Вид рослин | Контроль | Промислові підприємства | | | | | | | |
|-------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| <i>Acer negundo</i> | 0,12 ± 0,007 ^a | 0,30 ± 0,011 ^b | 0,38 ± 0,015 ^c | 0,33 ± 0,008 ^{bc} | – | – | 0,56 ± 0,009 ^d | 0,30 ± 0,014 ^b | 0,20 ± 0,010 ^c |
| <i>Acer platanoides</i> | 0,14 ± 0,005 ^a | 0,35 ± 0,008 ^b | 0,40 ± 0,009 ^c | 0,34 ± 0,013 ^{bd} | – | 0,63 ± 0,011 ^e | 0,69 ± 0,012 ^f | 0,36 ± 0,007 ^{bg} | – |
| <i>Aesculus hippocastanum</i> | 0,13 ± 0,006 ^a | 0,32 ± 0,007 ^b | – | 0,44 ± 0,011 ^c | 0,36 ± 0,006 ^d | 0,51 ± 0,015 ^e | 0,56 ± 0,010 ^{ef} | 0,34 ± 0,012 ^{dg} | 0,28 ± 0,012 ^h |
| <i>Ailanthus altissima</i> | 0,11 ± 0,005 ^a | 0,25 ± 0,005 ^b | 0,30 ± 0,007 ^c | – | 0,27 ± 0,009 ^{bd} | 0,39 ± 0,010 ^e | 0,48 ± 0,013 ^f | 0,26 ± 0,008 ^{dg} | 0,19 ± 0,007 ^h |
| <i>Betula pendula</i> | 0,11 ± 0,007 ^a | 0,45 ± 0,010 ^b | – | – | 0,50 ± 0,010 ^c | 0,80 ± 0,012 ^d | 0,97 ± 0,014 ^e | 0,47 ± 0,010 ^{bf} | 0,30 ± 0,011 ^g |
| <i>Catalpa bignonioides</i> | 0,14 ± 0,009 ^a | – | – | 0,48 ± 0,009 ^b | 0,39 ± 0,014 ^c | 0,55 ± 0,011 ^d | 0,67 ± 0,008 ^e | 0,30 ± 0,007 ^f | 0,22 ± 0,005 ^g |
| <i>Elaeagnus angustifolia</i> | 0,09 ± 0,006 ^a | – | 0,28 ± 0,006 ^b | 0,25 ± 0,010 ^c | – | 0,45 ± 0,012 ^d | 0,47 ± 0,007 ^{de} | 0,25 ± 0,009 ^{cf} | 0,20 ± 0,006 ^g |
| <i>Fraxinus lanceolata</i> | 0,08 ± 0,005 ^a | 0,30 ± 0,009 ^b | 0,40 ± 0,010 ^c | – | 0,34 ± 0,007 ^d | 0,61 ± 0,010 ^e | 0,62 ± 0,014 ^e | – | – |
| <i>Juglans regia</i> | 0,16 ± 0,007 ^a | 0,25 ± 0,005 ^b | – | 0,30 ± 0,014 ^c | – | – | 0,58 ± 0,011 ^d | 0,30 ± 0,013 ^{ce} | 0,24 ± 0,015 ^b |
| <i>Morus alba</i> | 0,10 ± 0,009 ^a | 0,21 ± 0,006 ^b | 0,27 ± 0,006 ^c | 0,23 ± 0,008 ^{bd} | 0,19 ± 0,005 ^{be} | 0,33 ± 0,008 ^f | 0,44 ± 0,007 ^g | 0,23 ± 0,009 ^{bd} | – |
| <i>Populus alba</i> | 0,15 ± 0,007 ^a | 0,46 ± 0,015 ^b | 0,61 ± 0,007 ^c | 0,55 ± 0,010 ^d | 0,45 ± 0,009 ^{be} | 0,89 ± 0,015 ^f | 0,96 ± 0,015 ^g | 0,41 ± 0,010 ^{bc} | – |
| <i>Populus nigra</i> | 0,14 ± 0,009 ^a | 0,40 ± 0,008 ^b | 0,49 ± 0,011 ^c | 0,47 ± 0,010 ^{cd} | 0,37 ± 0,015 ^{be} | – | 1,05 ± 0,014 ^f | 0,42 ± 0,013 ^{bg} | 0,33 ± 0,009 ^h |
| <i>Populus simonii</i> | 0,16 ± 0,005 ^a | 0,37 ± 0,009 ^b | 0,45 ± 0,009 ^c | 0,40 ± 0,15 ^{bd} | 0,37 ± 0,011 ^{bd} | 0,86 ± 0,013 ^e | 0,93 ± 0,012 ^f | 0,35 ± 0,008 ^{bd} | – |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | 0,12 ± 0,009 ^a | 0,41 ± 0,011 ^b | 0,51 ± 0,010 ^c | 0,58 ± 0,013 ^d | 0,42 ± 0,012 ^{be} | 0,85 ± 0,014 ^f | 0,90 ± 0,013 ^g | 0,39 ± 0,010 ^{bh} | 0,31 ± 0,010 ⁱ |
| <i>Salix alba</i> | 0,14 ± 0,006 ^a | 0,33 ± 0,006 ^b | 0,42 ± 0,013 ^c | – | 0,32 ± 0,007 ^{bd} | 0,73 ± 0,013 ^e | 0,81 ± 0,013 ^f | 0,21 ± 0,006 ^g | – |
| <i>Tilia cordata</i> | 0,15 ± 0,006 ^a | 0,41 ± 0,007 ^b | 0,50 ± 0,011 ^c | – | 0,40 ± 0,013 ^{bd} | – | 1,02 ± 0,010 ^e | 0,38 ± 0,007 ^{bd} | – |
| <i>Ulmus carpiniifolia</i> | 0,13 ± 0,008 ^a | 0,23 ± 0,010 ^b | 0,29 ± 0,008 ^c | 0,27 ± 0,007 ^{cd} | 0,21 ± 0,005 ^{be} | 0,40 ± 0,007 ^f | 0,47 ± 0,006 ^g | 0,20 ± 0,006 ^{bc} | – |

Примітки:

1) «–» цей вид дерев відсутній;

2) однакові латинські букви означають статистично незначущі розбіжності середніх у ряді на основі результатів використання тесту Т'юкі ($P < 0,05$);

3) промислові підприємства: 1 – Титано-магнієвий; 2 – Укрграфіт; 3 – Абразивний; 4 – Алюмінієвий; 5 – Феросплавний; 6 – Запоріжсталь; 7 – Вогнетрив; 8 – Трансформаторний.

Вивчаючи розподіл ^{35}S у берези, дуба, хвойних рослин (ялина, піхта, тис), автор встановив, що переміщення сірки в стовбур дерев не відбувається, а радіоізоотоп цього елемента, уведений у стовбур здатен пересуватися в межах листової пластинки. На підставі цього припускається, що сірка, яка поглинається листками деревних рослин, менш мобільна ніж у трав'яних, і її вміст в цих органах точніше відображує рівень акумуляції в них елемента, також ступінь забруднення повітря ділянки за різних способів розрахунку – а отже і атмосфероочисну роль.

Виявлено, що більш високий рівень забруднювача у повітрі викликає і більше накопичення його в листках рослин (табл. 6.1). Це узгоджується з даними С. П. Васфілова (2013) [61] який встановив, що величина акумуляції сірки в листках за всю вегетацію відповідає одиниці сирої і сухої маси, площу листка, одиниці маси хлорофілу. На підвищення вмісту сірки в листках рослин зі збільшенням концентрації SO_2 вказують і деякі інші дослідники [354, 452, 466].

Проте, як слідує з отриманих нами даних, ступінь збільшення вмісту забруднювача в листках рослин різних захисних насаджень не пропорційна кількісним показникам рівня SO_2 в повітрі. Можливо, це пов'язано з тим, що її акумуляція в листках рослин за рахунок поглинання SO_2 з повітря в межах певних концентрацій в значній мірі залежить більш від часу дії поллютанта на рослини, ніж від збільшення його концентрації. Так Р. Гудеріан (1979) [97] відзначає, що акумуляція сірки відбувалася з більшою швидкістю за тривалішої експозиції, ніж за високої концентрації газу. Це підтверджується і дослідями [466], в яких встановлено, що листки *Fraxinus americana* й *Rhododendron obtusum japonicum* з однаковою інтенсивністю поглинають SO_2 з повітря, що містить різні концентрації забруднювача – 0,2, 0,5, і 1 мг/л.

Згідно отриманих нами результатів (табл. 6.1), за накопиченням сірки листками деревні рослини розділили на три групи: I – з максимальним рівнем – *Betula pendula*, *Tilia cordata*, *Salix alba*, *Robinia pseudoacacia*, *Populus alba*, *Populus simonii*, *Populus nigra*, II – з середнім рівнем – *Acer platanoides*, *Acer negundo*,

Fraxinus lanceolata, *Catalpa bignonioides*, III – з найменшим – *Morus alba*, *Ailanthus altissima*, *Elaeagnus angustifolia* та *Ulmus carpinifolia*.

Проте в здійсненні порівняння рівня накопичення сірки в листках різних видів деревних рослин за літературними даними з нашими результатами, а також співставленні показників, що отримані різними авторами, існують певні труднощі. Списки видів деревних рослин, в листках яких вивчалась акумуляція сірки рядом дослідників, відрізняються і тільки деякі види в них є спільними, але й вони не завжди віднесені до груп з близьким рівнем накопичення токсиканта. Так, листки шовковиці білої згідно І.І. Коршикову зі спів. (1995) [161] в техногенних умовах зростання нагромаджують мало, а за В.П. Тарабріним зі спів. (1986) [303] – багато сірки. Клен ясенелистий Ю.З Кулагін (1970) відносить [177] до групи рослин слабоакумулюючих цей токсикант, а Н.В. Гетко (1989) [75] – до найбільш накопичуючих. За даними інших авторів [341] цей вид займає середню позицію в ряду розподілу деревних рослин за нагромадженням сірки в листках. І.І. Коршиков зі спів. (1995) [161] вказують, що листки *Acer pseudoplatanus* в умовах забруднення довкілля акумулюють мало сірки стосовно контролю, а згідно Н.В. Гетко (1989) [75] – багато. Як В.П. Тарабрін зі спів. (1986) [303], так і Н.В. Гетко (1989) [75] відмічають високу сірконакопичуючу здатність асиміляційних органів *Robinia pseudoacacia*, а С.О. Сергейчик (1997) [270] – середню. В деяких роботах до першої групи (максимальне накопичення сірки) віднесені *Tilia cordata* [75; 270, 303] і *Populus canadensis* [161, 270, 303], що узгоджується з отриманими нами даними. Розбіжність у даних, отриманих різними авторами, можна пояснити тим, що досліди проводились у різних кліматичних зонах і підприємствах зі специфічним співвідношенням повітряних поллютантів, що впливає на інтенсивність їх акумуляції.

Якщо сірка надходить у листки у вигляді SO_2 або H_2S , вона спочатку окиснюється до сульфату [390, 394]. Процесу асиміляції сульфату передують його активація шляхом фосфорилування. Цю реакцію можна вважати «своєрідними воротами» через які відносно інертний оксид сірки вступає в метаболічний цикл [474], при цьому в рослинах підвищується концентрація глутатіону і амінокислот.

На підставі експериментів з окуренням рослин H_2S Л. Дж. Кок зі спів. (1986) [411] вважають, що роль запасної сірки, яка здатна швидко включатися в метаболізм, відіграє глутатіон.

Визначення вмісту трипептиду глутатіону, до складу якого входить сірковмісна амінокислота цистин, в листках 6 видів деревних рослин, які зростають в захисних насадженнях заводів, що різняться за рівнем забруднення повітря SO_2 (Запоріжсталь, Феросплавний, Титано-магнієвий комбінат та Вогнетрив), показало зростання кількості цієї сполуки порівняно з контролем, за винятком такого виду, як *Tilia cordata*. В листках даного виду концентрація трипептиду навпаки зменшується в умовах високого вмісту SO_2 в повітрі (Заводи Запоріжсталь та Вогнетрив) і дещо зростає при меншому рівні поллютанта (Титано-магнієвий комбінат).

Таблиця 6.2.

Вміст глутатіону (мг /%) у листках рослин, що ростуть у зоні СЗЗ промислових підприємств, ($x \pm SE$, $n = 4$)

| Назва рослин | Контроль, $x \pm SE$ | | | | | | |
|-----------------------------|-------------------------|--------------------------|------------|--------------------------|------------|--------------------------|------------|
| | | Запоріжсталь | | Вогнетрив | | ЗТМК | |
| | | $x \pm SE$ | % до контр | $x \pm SE$ | % до контр | $x \pm SE$ | % до контр |
| <i>Ailanthus altissima</i> | 89,12±0,96 ^a | 140,23±1,12 ^b | 157,3 | 128,42±1,18 ^c | 144,1 | 111,36±0,96 ^d | 125,0 |
| <i>Fraxinus lanceolata</i> | 33,60±0,42 ^a | 54,21±0,68 ^b | 161,3 | 44,12±1,02 ^c | 131,3 | 39,86±0,62 ^d | 118,6 |
| <i>Morus alba</i> | 40,36±0,58 ^a | 63,84±0,71 ^b | 158,2 | 53,45±0,50 ^c | 132,4 | 52,16±0,66 ^c | 129,2 |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | 67,18±0,91 ^a | 179,71±1,12 ^b | 267,5 | 153,69±1,40 ^c | 228,8 | 140,18±0,89 ^d | 208,7 |
| <i>Tilia cordata</i> | 45,89±0,48 ^a | 35,75±0,63 ^b | 77,9 | 39,56±0,78 ^c | 86,2 | 49,31±0,57 ^d | 107,5 |
| <i>Ulmus carpinifolia</i> | 53,73±0,42 ^a | 84,39±0,72 ^b | 157,1 | 70,36±1,04 ^c | 131,0 | 61,42±0,65 ^d | 114,3 |
| <i>Populus nigra</i> | 75,16±0,52 ^a | 195,91±1,02 ^b | 260,7 | 178,61±1,31 ^c | 237,6 | 149,99±1,12 ^d | 199,6 |

Примітка: однакові латинські букви означають статистично незначущі розбіжності середніх у ряді на основі результатів використання тесту Т'юкі ($P < 0,05$).

Як видно з табл. 6.2, рівень збільшення вмісту глутатіону в листках досліджених рослин узгоджується з величиною сірконакопичення. Так вміст сірки в листках таких видів як *Robinia pseudoacacia* та *Populus nigra*, становить 483 % та

335 % відносно контрольних значень. Характерно, що ці види характеризуються і більшою кількістю глутатіону. Менша кількість цієї сполуки в листках такої рослини як *Tilia cordata* при високій сірконакопичувальній здатності в умовах значного забруднення атмосфери (заводи Запоріжсталь, Вогнетрив), можна пояснити гальмуванням включенням сірки в амінокислоту цистеїн, яка є компонентом трипептиду. Менший рівень викидів SO₂ у повітря Титано-магнієвого комбінату викликає незначний підйом кількості глутатіону в листках рослин цього виду стосовно контрольних значень.

Вищий вміст трипептиду в листках більшості видів рослин санітарних зон порівняно з контролем, підтверджує думку Л. Дж. Кок (1986) [411] про можливу захисну роль цієї сполуки в умовах інтоксикації рослин SO₂.

Отже, накопичення сірки в листках деревних рослин, що зростають в умовах забруднення атмосферного повітря SO₂, відбувається протягом всієї вегетації, найінтенсивніше у молодих листках, що закінчили ріст. Максимальна кількість елемента виявлена в кінці вегетаційного періоду.

Концентрація сірки в листках деревних рослин СЗЗ промислових підприємств тим більша, чим вищий рівень викидів поллютанта в атмосферу даним підприємством, але ступінь збільшення вмісту забруднювача в листках рослин різних захисних насаджень не пропорційна кількісним показникам рівня SO₂ в повітрі.

За рівнем акумуляції сірки листками, види деревних рослин поділили на три групи: I – з максимальним рівнем – *Betula pendula*, *Tilia cordata*, *Salix alba*, *Robinia pseudoacacia*, *Populus alba*, *Populus simonii*, *Populus nigra*, II – з середнім – *Acer platanoides*, *Acer negundo*, *Fraxinus lanceolata*, *Catalpa bignonioides*, III – з найменшим – *Morus alba*, *Ailanthus altissima*, *Elaeagnus angustifolia* та *Ulmus carpinifolia*.

Підвищення концентрації сірки в листках деревних рослин санітарно-захисних смуг, стосовно контрольних показників, узгоджується зі зростанням в них вмісту глутатіону, який має не тільки важливе фізіологічне значення, але й його утворення може бути одним із шляхів метаболізації цього елемента.

Отримані результати можуть бути використанні для розробки рекомендацій з добору асортименту деревних рослин для реконструкції зелених насаджень СЗЗ підприємств.

6.2 Накопичення хлору в листках деревних рослин захисних лісосмуг підприємств м. Запоріжжя

В атмосферному повітрі промислових міст завжди присутні такі інгредієнти антропогенних викидів як хлор та хлористий водень. Забруднення ними атмосферного повітря відбувається під час роботи титано-магнієвих комбінатів [329], гальванічних цехів, підприємств, які виробляють соляну кислоту, органічні барвники, пластмаси, цемент, суперфосфат, вапно [13, 206], заводів з виробництва миючих засобів, соди, інсектицидів, соляної та оцтової кислот [102]. Хлороводень визначається у відпрацьованих газах автотранспорту, потрапляє в оточуюче середовище під час спалення відходів пластмас з частинками ПВХ [102]. Забруднення атмосферного повітря цим полютантом у районі металургійних підприємств спостерігається в результаті використання соляної кислоти при плавленні, паянні, лудінні металів, плавленні тонколистової вуглецевої сталі [147, 433]. Інші джерела надходження хлору в атмосферу наведені в розділі 1.

В умовах забруднення атмосферного повітря хлоридами рослини здатні їх поглинати листками, при цьому вони накопичуються більш активно, ніж сірка, а фториди активніше, ніж хлориди [97].

Накопичення хлору в рослинах викликає структурні і фізіологічні порушення [369, 370, 470], зниження інтенсивності росту [471], врожайності [503]. Проте, незважаючи на негативний вплив хлоридів на рослини, їх середовищеочищувальна роль може вносити суттєвий вклад в оздоровлення атмосферного повітря. Визначення рівня накопичення хлору в листках рослин має значення не тільки для оцінки потенційної середовищеочищувальної ролі деревних порід в техногенних умовах, але й для виявлення фіоіндикаторів забруднення його сполуками.

Нами досліджена динаміка накопичення хлору в листках таких видів рослин як *Robinia pseudoacacia*, *Ulmus carpinifolia*, *Betula pendula*, і *Tilia cordata*, що зростають в умовах контрольної ділянки та СЗЗ Титано-магнієвого комбінату, який в найбільшій мірі, порівняно з іншими підприємствами, забруднює атмосферу хлоридами [329, 385, 468]. Саме ці види рослин були обрані тому, що вони входять до складу деревостанів майже всіх дослідних ділянок. Згідно отриманих даних, у контрольному варіанті вміст хлору в листках в процесі вегетації практично не змінюється. У видів дерев СЗЗ з різним рівнем накопичення хлору в листках спостерігається східна динаміка його акумуляції (рис. 6.2). Встановлено поступове накопичення елемента в процесі вегетації, найбільш інтенсивне в зрілих листках, ріст яких закінчився (рис. 6.2). В старіючих листках інтенсивність акумуляції елемента знижується.

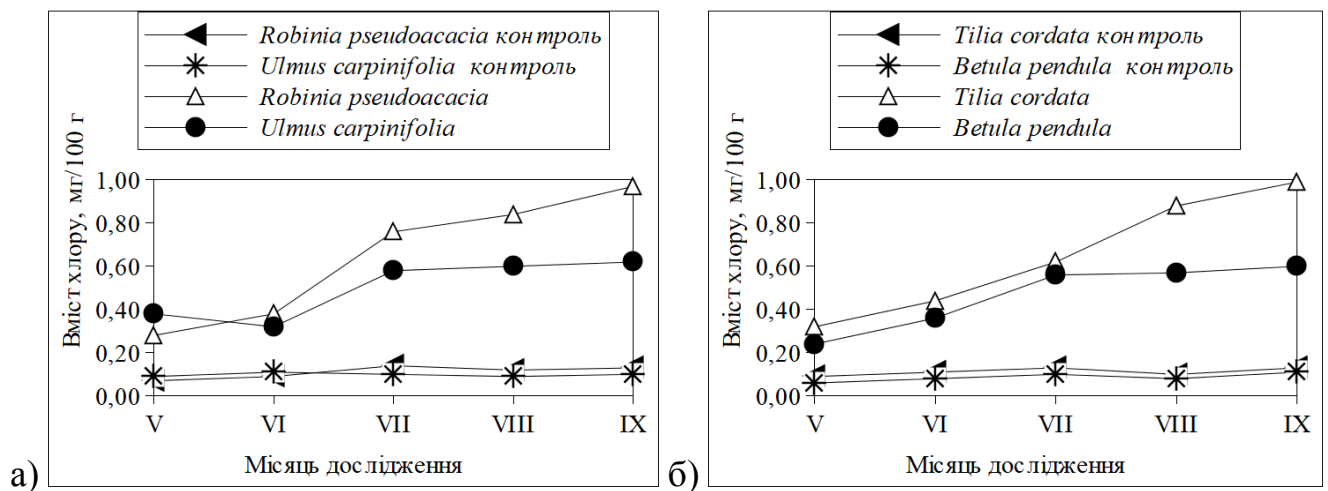


Рис. 6.2. Динаміка вмісту хлору в листках деревних рослин СЗЗ Титано-магнієвого комбінату ($X \pm SE$, $n = 4$)

Отже, найбільша кількість хлору виявлена в кінці вегетації, що узгоджується з результатами, Г.М. Ілька (1978) [138], які він отримав для п'яти деревних порід, дві з яких входять і до нашого переліку – *Populus nigra* та *Salix alba*. Це свідчить про те, що для обчислення середоочищувальної ролі рослин аналіз вмісту цього елемента в листках краще здійснювати в цей період.

Різниця накопичення хлору в листках досліджуваних видів рослин контрольного варіанту невелика. В цілому його вміст варіює від 0,15 до 0,25 %, абсолютно сухої маси [274].

Таблиця 6.3

Вміст хлору в листках деревних рослин, що ростуть в зоні СЗЗ промислових підприємств, г/100 г ($\bar{x} \pm SE$, n = 4)

| Вид рослин | Контроль | Промислові підприємства | | | | | | | |
|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| <i>Acer negundo</i> | 0,20±0,008 ^a | 1,17±0,025 ^b | 0,51±0,016 ^c | 0,59±0,016 ^d | – | 0,58±0,019 ^{cd} | 0,60±0,020 ^{de} | 0,90±0,024 ^f | |
| <i>Acer platanoides</i> | 0,23±0,007 ^a | 0,98±0,024 ^b | 0,45±0,014 ^c | 0,46±0,013 ^{cd} | – | 0,54±0,017 ^e | 0,58±0,018 ^{ef} | 0,80±0,019 ^g | 0,41±0,013 ^{cd} |
| <i>Aesculus hippocastanum</i> | 0,18±0,006 ^a | 0,59±0,014 ^b | 0,33±0,011 ^c | 0,36±0,012 ^{cd} | 0,39±0,015 ^{de} | 0,40±0,013 ^{de} | 0,38±0,011 ^{de} | 0,48±0,014 ^f | 0,29±0,009 ^c |
| <i>Ailanthus altissima</i> | 0,25±0,008 ^a | 1,05±0,021 ^b | 0,42±0,014 ^c | – | 0,52±0,017 ^e | 0,52±0,015 ^e | 0,58±0,017 ^{ef} | 0,87±0,021 ^g | 0,40±0,014 ^c |
| <i>Armeniaca vulgaris</i> | 0,17±0,007 ^a | 0,72±0,016 ^b | – | 0,40±0,015 ^{cd} | – | – | 0,60±0,018 ^e | – | 0,29±0,012 |
| <i>Betula pendula</i> | 0,15±0,006 ^a | 0,60±0,014 ^b | 0,33±0,010 ^c | 0,35±0,012 ^{cd} | 0,31±0,011 ^{cd} | 0,37±0,015 ^{de} | 0,39±0,012 ^{df} | 0,50±0,016 ^g | 0,27±0,011 ^c |
| <i>Catalpa bignonioides</i> | 0,16±0,010 ^a | 0,80±0,017 ^b | 0,36±0,13 ^c | 0,33±0,014 ^{cd} | | 0,48±0,17 ^e | 0,42±0,013 ^{ef} | 0,56±0,014 ^g | 0,28±0,013 ^d |
| <i>Elaeagnus angustifolia</i> | 0,21±0,011 ^a | 0,48±0,012 ^b | 0,30±0,012 ^c | 0,28±0,011 ^{cd} | 0,42±0,014 ^e | – | 0,39±0,012 ^{ef} | 0,46±0,012 ^{bc} | 0,29±0,011 ^{cd} |
| <i>Fraxinus lanceolata</i> | 0,24±0,007 ^a | 0,99±0,022 ^b | – | – | 0,56±0,016 ^{cd} | 0,52±0,018 ^{de} | 0,52±0,016 ^{de} | 0,71±0,017 ^f | 0,33±0,012 |
| <i>Juglans regia</i> | 0,17±0,009 ^a | 0,72±0,019 ^b | 0,39±0,015 ^c | 0,34±0,014 ^{cd} | – | – | 0,61±0,017 ^e | 0,51±0,013 ^f | 0,34±0,010 ^{cd} |
| <i>Malus sylvestris</i> | 0,23±0,010 ^a | 0,58±0,015 ^b | 0,30±0,013 ^c | 0,29±0,012 ^{cd} | – | – | – | – | – |
| <i>Morus alba</i> | 0,23±0,009 ^a | 0,73±0,018 ^b | 0,40±0,014 ^c | 0,35±0,015 ^{cd} | 0,31±0,015 ^{de} | 0,36±0,013 ^{cd} | 0,40±0,013 ^{cd} | 0,61±0,019 ^f | 0,26±0,008 ^{ae} |
| <i>Platanus orientalis</i> | 0,20±0,007 ^a | – | – | – | – | – | – | 0,42±0,014 ^b | – |
| <i>Populus alba</i> | 0,17±0,008 ^a | 0,70±0,015 ^b | 0,38±0,011 ^c | – | 0,40±0,012 ^{cd} | 0,33±0,017 ^{ce} | 0,38±0,014 ^{cd} | 0,52±0,016 ^f | 0,32±0,011 ^c |
| <i>Populus nigra</i> | 0,17±0,011 ^a | 0,49±0,014 ^b | 0,31±0,013 ^c | – | 0,33±0,010 ^{cd} | 0,30±0,015 ^{cd} | 0,33±0,011 ^{cd} | 0,39±0,014 ^c | 0,25±0,009 ^{ae} |
| <i>Populus simonii</i> | 0,21±0,006 ^a | 0,68±0,012 ^b | 0,36±0,015 ^c | – | 0,39±0,011 ^{cd} | 0,30±0,011 ^e | 0,32±0,013 ^{ce} | 0,48±0,012 ^f | 0,28±0,010 ^e |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | 0,21±0,08 ^a | 0,95±0,021 ^b | 0,38±0,012 ^c | 0,39±0,016 ^d | 0,48±0,013 ^e | 0,50±0,014 ^{ef} | 0,56±0,015 ^{fg} | 0,71±0,019 ^h | 0,36±0,011 ^{cd} |
| <i>Salix alba</i> | 0,22±0,007 ^a | 0,45±0,012 ^b | 0,32±0,011 ^c | 0,30±0,013 ^{cd} | 0,46±0,015 ^{bc} | – | 0,30±0,012 ^{cd} | 0,40±0,015 ^{bc} | 0,36±0,014 ^{cd} |
| <i>Tilia cordata</i> | 0,25±0,008 ^a | 0,97±0,020 ^b | 0,44±0,014 ^c | 0,48±0,015 ^{cd} | 0,45±0,011 ^{cd} | 0,59±0,015 ^e | 0,53±0,015 ^{de} | 0,76±0,021 ^f | 0,40±0,013 ^{ce} |
| <i>Ulmus carpiniifolia</i> | 0,24±0,007 ^a | 0,62±0,016 ^b | 0,32±0,015 ^c | 0,42±0,012 ^d | 0,43±0,012 ^{de} | 0,40±0,011 ^{de} | 0,42±0,014 ^{de} | 0,51±0,016 ^f | 0,34±0,012 ^c |
| <i>Ulmus laevis</i> | 0,22±0,009 ^a | 0,63±0,014 ^b | 0,36±0,011 ^c | – | 0,44±0,014 ^d | – | 0,41±0,01 ^{de} | – | – |

Примітки:

1) «–» цей вид дерев відсутній; 2) однакові латинські букви означають статистично незначущі розбіжності середніх у ряді на основі результатів використання тесту Т'юкі (P < 0,05); 3) промислові підприємства: 1 – Титано-магнієвий; 2 – Укрграфіт; 3 – Абразивний; 4 – Алюмінієвий; 5 – Феросплавний; 6 – Запоріжсталь; 7 – Вогнетрив; 8 – Трансформаторний.

Найменшу кількість виявлено у *Catalpa bignonioides* й *Betula pendula*, найбільшу у *Ailanthus altissima* (табл. 6.3). Слід вказати, що хлор – необхідний елемент для життєдіяльності рослин [359]. Фізіологічна роль хлоридів у рослинному організмі зв'язана з участю у різноманітних реакціях обміну. Одна з найважливіших функцій – участь у процесі фотосинтезу. Елемент є необхідним для роботи II пігментної системи на етапі розкладання води і виділення кисню [222]. Хлорид специфічно впливає на роботу H^+ -АТФ-фази тонопласта. Вважають, що один із механізмів впливу хлору на ріст рослин пов'язаний з регуляцією протонної помпи [52] виникненням потенціалу дії [221, 511]. Хлорид є основним осмотично активним елементом у вакуолі і бере участь у тургоро- і осмотичній регуляції, роботі продихів [359, 368, 377]. Але в концентраціях, що перевищує оптимальну цей елемент оказує фітотоксичну дію.

Як видно з табл. 6.3, вміст хлору в листках рослин у всіх досліджуваних насадженнях СЗЗ промислових підприємств перевищує показники контрольного варіанту (різниця статистично достовірна на рівні значимості 0,05), окрім даних для *Morus alba* та *Populus nigra*, зростаючих на Трансформаторному заводі. Відомо, що рослини здатні поглинати хлориди листками в умовах забруднення ними атмосферного повітря через продихові щілини. Але невелика кількість газоподібних шкідливих речовин при певних умовах може проникати і через епідерму [102].

Як видно, відмінності у вмісті хлору в листках значної кількості дерев захисних лісосмуг у таких підприємств як Абразивний та Алюмінієвий комбінат, Укрграфіт та Абразивний завод статистично не достовірні. Між вивчаємим показником у рослин санітарних зон заводів Феросплавів та Запоріжсталь також різниці не спостерігається. Можливо це пояснюється тим, що дані промислові об'єкти знаходяться недалеко один від одного.

Отже, найбільша кількість хлору виявлена в листках рослин СЗЗ Титано-магнієвого комбінату, оскільки виробничий цикл цього заводу включає його використання [329, 351, 385], й інколи ще трапляються неорганізовані його викиди. Була доведена пряма залежність між дозою газу (Cl_2) і його вмістом в

тканинах листків, так, В.І. Парпан та Г.В. Юхимчук (1984) [228] вказують, що в міру віддалення від джерел викидів кількість хлору в листових пластинках зменшується. Н.В. Капелюш та В.П. Бессонова (2007) [146] також було встановлено, що в місцях зростання біля підприємств, які виділяють більшу кількість хлоридів у промисловому процесі, в листках *Platanus orientalis* накопичується більше хлору.

За рівнем акумуляції токсиканта в органах асиміляції дерев, а отже за ступенем забруднення повітря цим поллютантом, підприємства можна ранжувати так: Титано-магнієвий комбінат > Вогнетрив > Запоріжсталь ≥ Завод Феросплавів > Алюмінієвий ≥ Абразивний ≥ Укрграфіт > Трансформаторний завод.

Зіставлення акумуляції хлору в листі різних видів деревних рослин СЗЗ промислових підприємств свідчить про видову специфіку поглинання фітотоксиканта. Причому, при зростанні в зелених насадженнях біля різних підприємств, в основному, зберігається закономірність розташування видів у ряду накопичення хлору. Хоча для деяких з них у захисних лісосмугах ряду підприємств спостерігається відхилення від встановленої послідовності.

Як видно з отриманих даних, (табл. 6.3) максимальну кількість хлору, порівняно з іншими видами, накопичують листки таких видів: *Acer negundo*, *Acer platanoides*, *Ailanthus altissima*, *Armeniaca vulgaris*, *Fraxinus lanceolata*, *Robinia pseudoacacia*, *Tilia cordata*, найменшу – *Salix alba*, *Populus nigra*, *Malus sylvestris*, *Elaeagnus angustifolia*, *Platanus orientalis*. Проміжне положення між цими двома групами займають: *Aesculus hippocastanum*, *Betula pendula*, *Catalpa bignonioides*, *Juglans regia*, *Morus alba*, *Populus alba*, *Populus simonii*, *Ulmus carpinifolia*, *Ulmus laevis*. З точки зору фітоіндикації забруднення атмосферного повітря становить інтерес такий показник як коефіцієнт відносного накопичення – відношення вмісту елемента в листках рослин у районі забруднення до його вмісту в контролі.

Найбільш високі його значення встановлені у таких рослин як *Catalpa bignonioides*, *Acer negundo* та *Robinia pseudoacacia*, *Juglans regia*, *Populus alba* (рис. 6.3). Саме ці рослини можна використовувати як інформативні фітоіндикатори забруднення повітря хлоридами.

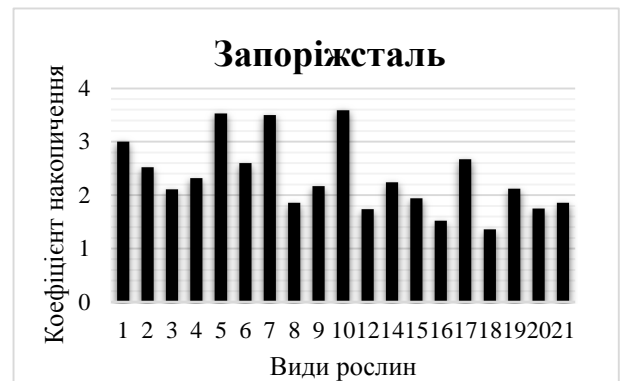
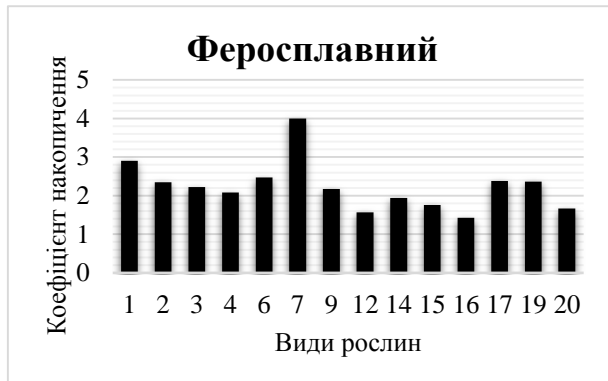
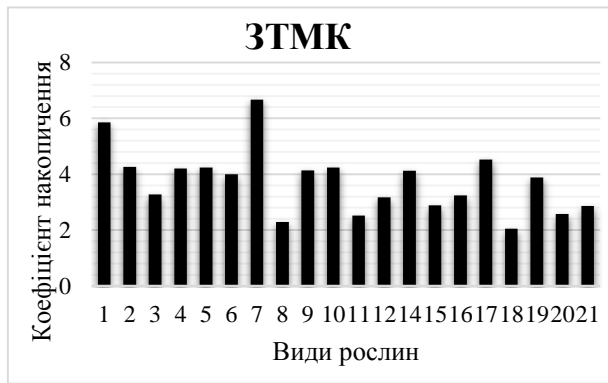


Рис.6.3. Величина відносного накопичення хлору (1 – *Acer negundo*; 2 – *Acer platanoides*; 3 – *Aesculus hippocastanum*; 4 – *Ailanthus altissima*; 5 – *Armeniaca vulgaris*; 6 – *Betula pendula*; 7 – *Catalpa bignonioides*; 8 – *Elaeagnus angustifolia*; 9 – *Fraxinus lanceolata*; 10 – *Juglans regia*; 11 – *Malus sylvestris*; 12 – *Morus alba*; 13 – *Platanus orientalis*; 14 – *Populus alba*; 15 – *Populus nigra*; 16 – *Populus simonii*; 17 – *Robinia pseudoacacia*; 18 – *Salix alba*; 19 – *Tilia cordata*; 20 – *Ulmus carpiniifolia*; 21 – *Ulmus laevis*).

Найменший коефіцієнт віжносного накопичення елементу виявлено у *Salix alba*, *Malus sylvestris* та *Elaeagnus angustifolia*, *Morus alba*.

Більший абсолютний вміст елементу в органах рослин характеризує їх кращу середоочищувальну роль. До таких рослин відносяться *Acer negundo*, *Ailanthus altissima*, *Fraxinus lanceolata*, *Tilia cordata*, вміст хлору в листках яких в умовах Титано-магнієвого комбінату перевищує 0,90 %, де асортимент рослин представлений найбільш повно і рівень акумуляції, як уже зазначалося, найбільш високий.

Отже, накопичення хлору в листках деревних рослин, що зростають в санітарно-захисних насадженнях Запорізького промислового регіону, відбувається протягом всієї вегетації, найінтенсивніше у молодих листках, що закінчили ріст. Максимальна кількість елементу виявлена в кінці вегетаційного періоду.

Листки дерев досліджуваних насаджень СЗЗ різних підприємств накопичують більше хлору, ніж контрольного варіанту. За рівнем вмісту хлору в листках рослин, а отже і за рівнем забрудненого повітря цим полютантом, СЗЗ підприємств можна ранжувати наступним чином: Титано-магнієвий комбінат > Вогнетрив > Запоріжсталь \geq Завод Феросплавів > Алюмінієвий \geq Абразивний \geq Укрграфіт > Трансформаторний завод.

За накопиченням хлору листками, види деревних рослин поділили на три групи: I – з максимальним рівнем – *Acer negundo*, *Acer platanoides*, *Ailanthus altissima*, *Armeniaca vulgaris*, *Fraxinus lanceolata*, *Robinia pseudoacacia*, *Tilia cordata*, II – з середнім – *Aesculus hippocastanum*, *Betula pendula*, *Catalpa bignonioides*, *Juglans regia*, *Morus alba*, *Populus alba*, *Populus simonii*, *Ulmus carpinifolia*, *Ulmus laevis*, III – з найменшим – *Salix alba*, *Populus nigra*, *Malus sylvestris*, *Elaeagnus angustifolia*, *Platanus orientalis*. Групи рослин з найбільшими показниками акумуляції хлоридів можна рекомендувати для доочищення атмосферного повітря від цих забруднювачів.

Найбільш високий коефіцієнт відносного накопичення хлору листками виявлено у таких видів рослин: *Catalpa bignonioides*, *Acer negundo* та *Robinia pseudoacacia*, *Juglans regia*, *Populus alba*, їх можна вважати перспективними

фітоіндикаторами хлоридного забруднення. Найменший цей показник у *Salix alba*, *Malus sylvestris* та *Elaeagnus angustifolia*, *Morus alba*.

6.3 Вміст водорозчинних фенолів в листках деревних рослин СЗЗ промислових підприємств м. Запоріжжя

До токсичних широко розповсюджених інгредієнтів промислових викидів відносяться феноли [378, 419]. Атмосферне повітря фенолами забруднюють коксохімічні виробництва, заводи пластмас, газогенераторні станції, деревообробні та меблеві підприємства [237]. Не менш небезпечні феноли, які утворюються в атмосферному повітрі з вихлопних газів неповного згоряння в результаті хімічних реакцій, а також при пожежах. Присутність фенолів в екосистемах пов'язана з виробництвом і деградацією численних пестицидів [434]. Ці забруднювачі є токсичними для людини і тварин [409]. Вони мають канцерогенну дію [20, 378, 379, 419]. Тому необхідно використовувати різні методи очищення повітря від фенольних сполук, у тому числі і за участю рослин.

Для виявлення періоду найбільшого накопичення водорозчинних фенолів у листках деревних рослин визначали динаміку цього процесу в контрольному варіанті і в умовах СЗЗ Коксохімічного заводу, де спостерігається найбільша забрудненість атмосферного повітря фенольними сполуками. Саме технологія виготовлення коксу сприяє значному надходженню в оточуюче середовище цього забруднювача [106, 150, 237, 238].

У контрольному варіанті перший максимум кількості водорозчинних фенолів у листках виявлено в період закінчення їх росту (червень), після чого відбувається деяке зниження їх вмісту з наступним зростанням і другим максимумом в старих листках в кінці вегетації [279]. Слід зазначити, що у роботі Л.М. Кавеленової зі спів. (2001) [141] вказується, що максимальний вміст водорозчинних фенолів у листках *Betula pendula* в різних умовах зростання (вологість і щільність ґрунту, освітлення тощо) встановлено в першій-другій декаді травня, далі він знижується з наступним пізньолітньо-осіннім підйомом. В техногенних умовах м. Самари, згідно даних цих, авторів крива динаміки

водорозчинних фенольних сполук також має два максимуми, проте їх кількість мало відрізняється від показників на інших ділянках. Можливо, у точках відбору проб рівень фенольних сполук у повітрі нижчий ГДК, автори статті не вказують на забруднення довкілля фенолами.

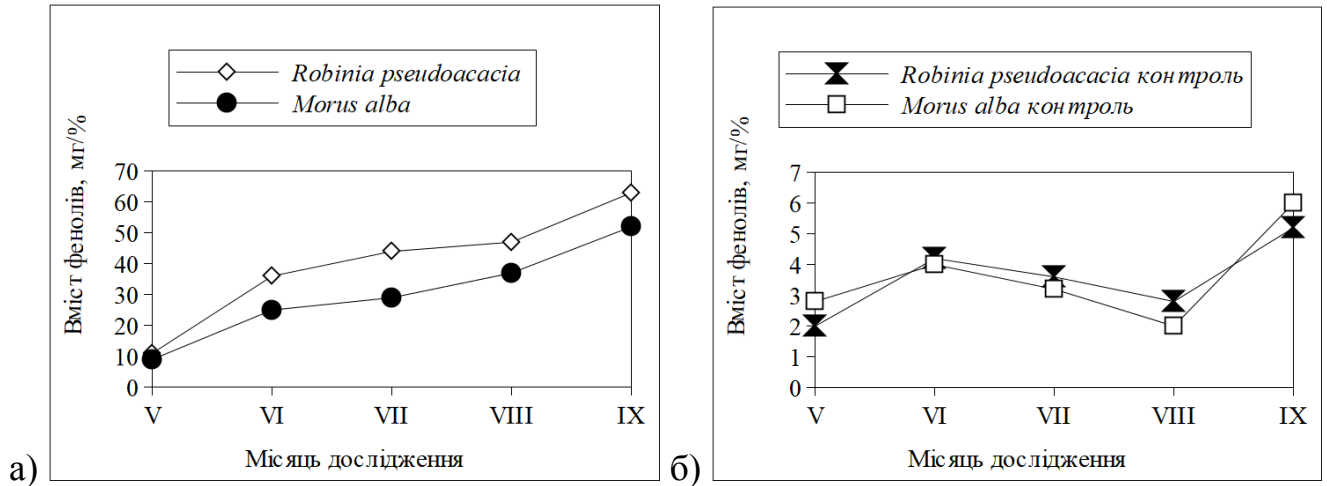


Рис. 6.4. Динаміка накопичення водорозчинних фенолів у листках

В умовах забруднення атмосферного повітря спостерігається безперервне поступове збільшення рівня фенолів, але темпи їх акумуляції, як видно з рис. 6.4, на різних етапах онтогенезу листка неоднакові. Найактивніше цей процес відбувається молодими листками. Раніше, було показано, що такий забруднювач, як сірка, найбільш інтенсивно накопичується в молодих листках, що вже закінчили ріст [484]. І хоча вміст фенолів у листовій масі зростає безперервно, їх накопичення в міру старіння листків відбувається більш повільно. В кінці вегетації листки містять найбільшу кількість водорозчинних фенолів, що узгоджується з даними інших дослідів, які були проведені поблизу джерел забруднення з використанням інших деревних рослин [105, 146, 303]. Тому надалі фенолнакопичувальну здатність листків різних видів рослин ми досліджували в кінці вегетаційного періоду.

На табл. 6.4 представлені дані з вмісту водорозчинних фенолів в листках більшості досліджуваних видів дерев, які зростають на відносно чистій ділянці та у СЗЗ промислових підприємств. Їх кількість у рослин контрольного варіанту в кінці вересня варіює від 4,56 до 16,20 мг/%, абсолютно сухої маси [279].

Таблиця 6.4

Вміст фенолів у листках деревних рослин, що ростуть у зоні СЗЗ промислових підприємств, мг /% від абсолютної сухої маси ($M \pm m, n = 4$)

| Вид рослин | Контроль | Промислові підприємства | | | | | | | | |
|-------------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| <i>Acer negundo</i> | 6,00±0,38 ^a | 22,86±0,52 ^b | 43,44±0,82 ^c | – | – | – | 85,86±1,24 ^d | 66,06±1,02 ^e | – | 103,68±1,58 ^f |
| <i>A.platanoides</i> | 6,90±0,37 ^a | 24,24±0,50 ^b | 24,12±0,52 ^{bc} | 19,26±0,46 ^d | 34,56±0,67 ^e | 83,46±1,21 ^f | 86,16±1,29 ^{fg} | 77,64±1,10 ^h | 13,80±0,48 ⁱ | 110,34±1,64 ^j |
| <i>A.hippocastanum</i> | 5,82±0,32 ^a | 16,92±0,47 ^b | – | 11,46±0,45 ^c | 12,84±0,40 ^{cd} | 48,18±0,87 ^e | 43,92±0,85 ^f | 66,36±1,08 ^g | 11,46±0,45 ^{cd} | 54,66±0,96 ^h |
| <i>A. altissima</i> | 12,66±0,44 ^a | 102,84±1,55 ^b | – | – | 61,92±1,03 ^c | 178,32±2,20 ^d | 193,08±2,48 ^e | 151,08±2,04 ^f | 32,40±0,59 ^g | 270,54±3,15 ^h |
| <i>A. vulgaris</i> | 6,48±0,39 ^a | 13,62±0,42 ^b | – | 25,50±0,53 ^c | – | 30,36±0,64 ^d | 34,02±0,68 ^e | – | 12,06±0,44 ^b | – |
| <i>Betula pendula</i> | 6,66±0,31 ^a | 31,56±0,60 ^b | 61,98±1,04 ^c | 24,84±0,51 ^d | – | 109,74±1,58 ^e | 121,08±1,74 ^f | 94,32±1,32 ^g | 17,04±0,49 ^h | 163,56±2,17 ⁱ |
| <i>C.bignonioides</i> | 5,88±0,36 ^a | 25,68±0,59 ^b | 39,62±0,66 ^c | 29,30±0,58 ^d | 30,12±0,65 ^{de} | 78,84±1,15 ^f | 76,92±1,18 ^{fg} | 86,34±1,24 ^h | 12,54±0,48 ⁱ | 104,28±1,58 ^j |
| <i>Elaeagnus angustifolia</i> | 7,38±0,36 ^a | 35,58±0,64 ^b | 49,38±0,86 ^c | 37,44±0,65 ^{bd} | 37,26±0,66 ^{bd} | 122,16±1,74 ^e | 116,22±1,64 ^{ef} | 97,86±1,44 ^g | 14,22±0,47 ^h | 151,74±2,13 ⁱ |
| <i>Fraxinus lanceolata</i> | 4,56±0,36 ^a | 16,5±0,46 ^b | 27,06±0,55 ^c | – | 21,84±0,56 ^d | 54,18±0,96 ^e | 45,84±0,84 ^f | 38,22±0,63 ^g | 11,58±0,46 ^h | 68,94±1,05 ⁱ |
| <i>Juglans regia</i> | 12,06±0,44 ^a | 61,86±1,05 ^b | – | 45,66±0,88 ^c | 92,16±1,41 ^d | 115,68±1,69 ^e | 132,84±1,86 ^f | 110,46±1,64 ^f | 13,08±0,49 ^{ag} | – |
| <i>Morus alba</i> | 6,90±0,34 ^a | 12,96±0,49 ^b | 23,88±0,58 ^c | 13,68±0,46 ^{bd} | 16,92±0,49 ^e | 30,48±0,68 ^f | 34,50±0,63 ^g | 30,48±0,65 ^f | 10,44±0,43 ^g | 51,06±0,93 ^h |
| <i>Populus alba</i> | 12,96±0,47 ^a | 61,20±1,09 ^b | 74,22±1,20 ^c | – | 68,70±1,02 ^d | – | 164,16±2,10 ^e | 122,46±1,72 ^f | – | – |
| <i>Populus nigra</i> | 16,20±0,49 ^a | 49,44±0,80 ^b | 103,32±1,50 ^c | – | 92,64±1,44 ^d | 190,02±2,47 ^e | 182,58±2,35 ^{ef} | 167,10±2,14 ^g | – | 230,88±2,86 ^h |
| <i>Populus pyramidalis</i> | 11,40±0,44 ^a | – | 56,64±0,94 ^b | – | 49,92±0,84 ^c | 161,04±2,14 ^d | – | 123,84±1,79 ^e | 14,70±0,47 ^{af} | 182,58±2,31 ^g |
| <i>Populus simonii</i> | 10,80±0,46 ^a | 43,02±0,84 ^b | 81,72±1,21 ^c | – | 67,98±1,09 ^d | – | 145,20±1,92 ^e | 111,96±1,64 ^f | 28,86±0,56 ^g | 170,64±2,29 ^h |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | 5,22±0,36 ^a | 18,78±0,46 ^b | 30,30±0,62 ^c | 18,66±0,45 ^{bd} | 26,10±0,54 ^e | 48,90±0,85 ^f | 45,90±0,82 ^{fg} | 37,38±0,65 ^h | 13,02±0,45 ⁱ | 63,06±1,02 ^j |
| <i>Salix alba</i> | 6,90±0,30 ^a | 31,92±0,62 ^b | 29,22±0,60 ^{bc} | 24,84±0,54 ^d | 23,04±0,59 ^{de} | 54,30±0,91 ^f | 55,26±0,95 ^{fg} | 47,28±0,82 ^h | 15,54±0,44 ⁱ | – |
| <i>Tilia cordata</i> | 5,04±0,32 ^a | 16,20±0,44 ^b | 21,72±0,53 ^c | 13,92±0,43 ^d | 18,30±0,54 ^{be} | 42,48±0,89 ^f | 44,82±0,81 ^{fg} | 36,78±0,65 ^h | 10,68±0,41 ⁱ | 54,54±0,98 ^j |
| <i>U. carpinifolia</i> | 6,72±0,39 ^a | 12,96±0,40 ^b | 24,18±0,55 ^c | 18,42±0,50 ^d | 19,92±0,51 ^{de} | 52,26±0,95 ^f | 48,78±0,84 ^{fg} | 31,62±0,61 ^h | 16,20±0,49 ^{di} | 66,72±1,01 ^j |
| <i>Ulmus laevis</i> | 4,98±0,34 ^a | 16,32±0,41 ^b | 30,54±0,62 ^c | 17,94±0,47 ^{bd} | 25,68±0,53 ^e | 60,72±1,01 ^f | 54,24±0,97 ^g | – | 17,64±0,49 ^{bd} | – |

Примітки:

1) «–» цей вид дерев відсутній; 2) однакові латинські букви означають статистично незначущі розбіжності середніх у ряді на основі результатів використання тесту Т'юкі ($P < 0,05$); 3) промислові підприємства: 1 – Титано-магнієвий; 2 – Укрграфіт; 3 – Абразивний; 4 – Алюмінієвий; 5 – Феросплавний; 6 – Запоріжсталь; 7 – Вогнетрив; 8 – Трансформаторний; 9 – Коксохімічний

Вміст цих сполук в листках рослин всіх досліджуваних насаджень СЗЗ промислових підприємств перевищує показники контрольного варіанту (різниця статистично достовірна на рівні значущості 0,05), окрім даних для *Juglans regia* та *Populus pyramidalis*, що зростають поряд з Трансформаторним заводом (табл. 6.4).

Відомо, що феноли здатні засвоюватись і коренями і листками. В останні вони надходять як через продихи, так і через кутикулу й епідерміс [307, 313], завдяки добрій їх розчинності у ліпідах [303]. Феноли малорухливі і іммобілізуються переважно в тих органах деревних рослин, на які вони безпосередньо діють [303], тому перевищення їх кількості в листках в умовах забруднення стосовно контролю в значній мірі відображує рівень поглинання їх з повітря. Проте величини їх акумуляції суттєво занижені, оскільки ці сполуки можуть піддаватися суттєвим перетворенням в клітинах рослин. Так, відносно ряду екзогенних фенолів, відомо, що рослини можуть використовувати їх для синтезу β -глюкозидів [381]. Одним із шляхів детоксикації чужорідних монофенолів в рослинах може бути їх кон'югація з пептидами [315]. Є ряд відомостей, що рослини здатні здійснювати глибоке розщеплення ароматичної структури фенольних сполук до CO_2 [314]. Клітинна стінка вважається одним з найбільш важливих місць детоксикації фенольних сполук в рослинах [338].

Кожен рід рослин, зростаючий на території СЗЗ, представлений одним видом, окрім *Populus L.* (чотири види), *Acer L.* та *Ulmus L.* (по два види). Всі представники роду *Populus* за вмістом токсиканту в листках віднесені до групи з максимальним накопиченням, роду *Acer* – до середньої. Два види, які входять до роду *Ulmus* відрізняються за накопиченням. *Ulmus laevis* характеризується середнім рівнем акумуляції, *Ulmus carpinifolia* – найменшим.

Зіставлення вмісту токсиканту в листках різних видів деревних рослин СЗЗ промислових підприємств свідчить про видову специфіку його накопичення. Як видно з отриманих даних (табл. 6.4), максимальну кількість полютанта, порівняно з іншими видами деревних рослин, накопичують листки: *Ailanthus altissima*, *Betula pendula*, *Juglans regia*, *Populus alba*, *Populus nigra*, *Populus pyramidalis*, *Populus simonii*, *Elaeagnus angustifolia*, найменшу – *Morus alba*, *Robinia*

pseudoacacia, *Tilia cordata*, *Ulmus carpinifolia*, *Armeniaca vulgaris*, *Fraxinus lanceolata*. Проміжне положення між цими двома групами займають: *Acer negundo*, *Acer platanoides*, *Aesculus hippocastanum*, *Catalpa bignonioides*, *Salix alba*, *Ulmus laevis*. Характерно, що в СЗЗ різних підприємств в основному зберігається закономірність розташування видів у ряду накопичення полютанта листками, хоча інколи спостерігається і відхилення від встановленої послідовності.

Більший абсолютний вміст фенольних сполук в листках рослин в умовах забруднення ними повітря характеризує їх кращу атмосфероочисну функцію. До таких відносяться рослини виділені в першу групу.

Аналіз даних таблиці 6.4 показує, що у вмісті водорозчинних фенолів у листках ряду однакових видів дерев захисних лісосмуг таких заводів як Феросплавний та Запоріжсталь різниця між показниками статистично не достовірна. Хоча у деяких однакових видів рослин кількість цієї сполуки в органах асиміляції вища біля заводу Запоріжсталь – *Acer platanoides*, *Catalpa bignonioides*, *Salix alba* та *Tilia cordata*.

Близькі значення вмісту фенолів виявлені в листках однакових видів дерев, що зростають в санітарних зонах Абразивного та Титано-магнієвого комбінату, що пояснюється можливо відносно низькими концентраціями забруднювача в повітрі.

За рівнем акумуляції в листках дерев, а отже за ступенем забруднення повітря фенолом, СЗЗ підприємств можна ранжувати так: Коксохімічний > Запоріжсталь ≥ Завод Феросплавів > Вогнетрив > Укрграфіт > Алюмінієвий > Титаномагнієвий > Абразивний > Трансформаторний завод.

Таким чином, найбільша кількість фенолу виявлена в листках рослин СЗЗ Коксохімічного заводу, Запоріжсталь, Феросплавний та Вогнетрив. Виробничий цикл перших трьох заводів характеризується найбільшою кількістю викидів токсиканта в повітря [318].

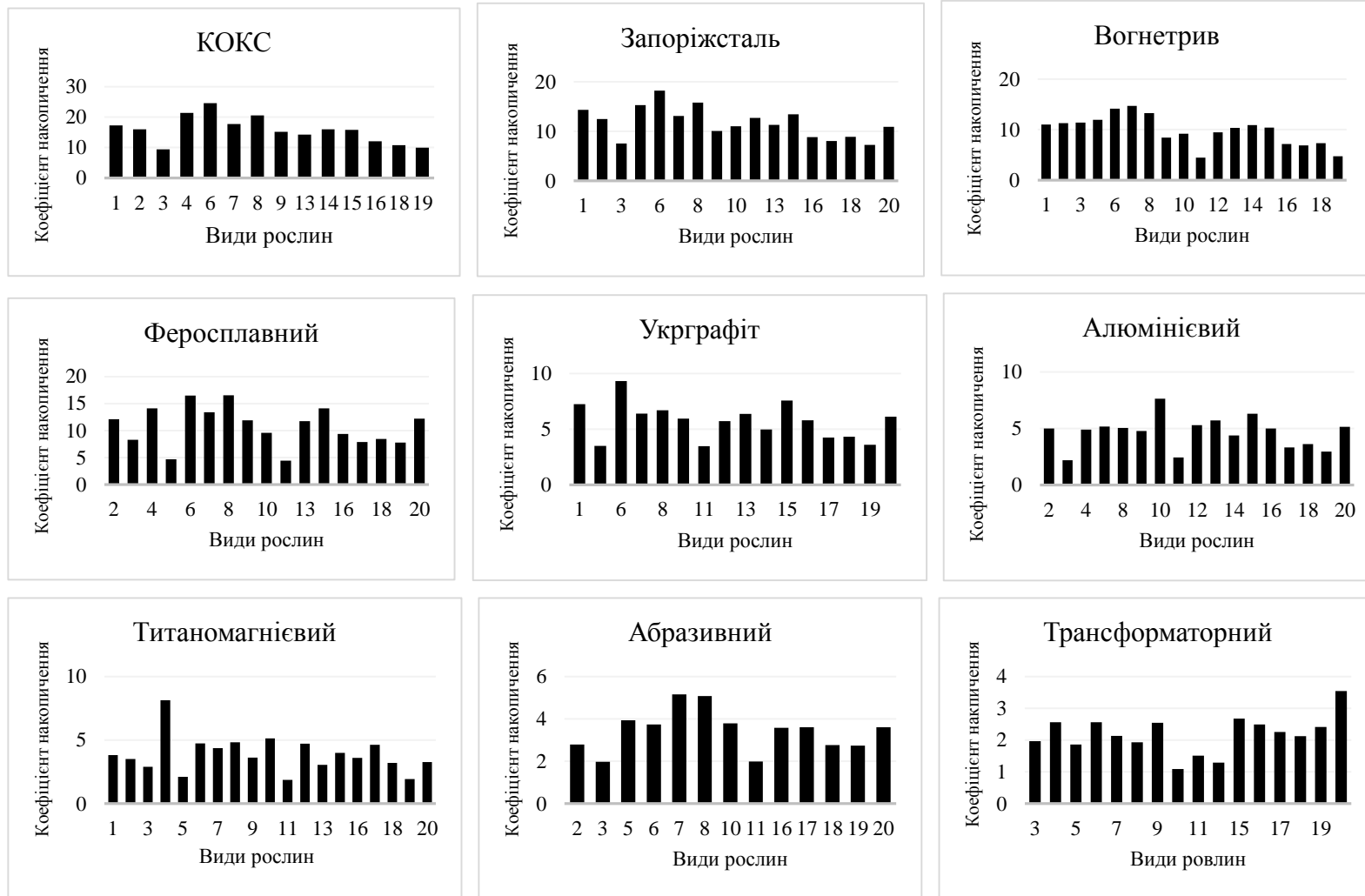


Рис. 6.5. Величина відносного накопичення токсиканта (1 – *Acer negundo*, 2 – *Acer platanoides*, 3 – *Aesculus hippocastanum*, 4 – *Ailanthus altissima*, 5 – *Armeniaca vulgaris*, 6 – *Betula pendula*, 7 – *Catalpa bignonioides*, 8 – *Elaeagnus angustifolia*, 9 – *Fraxinus lanceolata*, 10 – *Juglans regia*, 11 – *Morus alba*, 12 – *Populus alba*, 13 – *Populus nigra*, 14 – *Populus pyramidalis*, 15 – *Populus simonii*, 16 – *Robinia pseudoacacia*, 17 – *Salix alba*, 18 – *Tilia cordata*, 19 – *Ulmus carpinifolia*, 20 – *Ulmus laevis*).

З точки зору фітоіндикації забруднення атмосферного повітря інгредієнтами промислових викидів становить інтерес такий показник як коефіцієнт відносного накопичення – відношення кількості полютанта в листках рослин у районі забруднення до його вмісту в цих органах у контролі. Найбільш високі його значення встановлені у таких рослин як *Betula pendula*, *Catalpa bignonioides*, *Elaeagnus angustifolia*, *Ailanthus altissima*, *Populus simonii*, *Acer negundo*, *Ulmus laevis* та *Fraxinus lanceolata* (рис. 6.5). Саме ці рослини можна використовувати як інформативні фітоіндикатори забруднення повітря фенолами. Найменший коефіцієнт відносного накопичення елементу виявлено у *Aesculus hippocastanum*, *Morus alba*, *Ulmus carpinifolia*, *Armeniaca vulgaris* та *Acer platanoides*.

Вміст водорозчинних фенолів у листках рослин всіх досліджуваних насаджень СЗЗ промислових підприємств перевищує показники контрольного варіанту

За рівнем акумуляції в органах асиміляції дерев, а отже за ступенем забруднення повітря фенолом, СЗЗ підприємств можна ранжувати так: Коксохімічний > Запоріжсталь ≥ Завод Феросплавів > Вогнетрив > Укрграфіт > Алюмінієвий > Титано-магнієвий комбінат > Абразивний > Трансформаторний завод.

Максимальну кількість полютанта, порівняно з іншими видами деревних рослин, накопичують листки: *Ailanthus altissima*, *Betula pendula*, *Juglans regia*, *Populus alba*, *Populus nigra*, *Populus pyramidalis*, *Populus simonii*, *Elaeagnus angustifolia*, що дозволяє їх рекомендувати для насаджень санітарно-гігієнічного призначення.

Найбільш високі значення коефіцієнту відносного накопичення встановлені у таких рослин як *Betula pendula*, *Catalpa bignonioides*, *Elaeagnus angustifolia*, *Ailanthus altissima*, *Populus simonii*, *Acer negundo*, *Ulmus laevis* та *Fraxinus lanceolata*. Саме ці рослини можна використовувати як інформативні фітоіндикатори забруднення повітря фенолами.

Отримані результати можуть бути використанні для розробки рекомендацій з добору асортименту деревних рослин для реконструкції зелених насаджень СЗЗ підприємств.

6.4 Акумуляція фтору листками деревних рослин СЗЗ Запорізького промислового регіону

Фториди відносяться до небезпечних техногенних забруднювачів атмосферного повітря. Фтор викидається з техногенними емісіями металургійних і кріолітових заводів [503, 505], підприємств, що виробляють фосфорні добрива [335], емалеві і керамічні вироби [373], скло, цеглу, а також підприємства зі спалювання вугілля [138, 206, 423]. Цей забруднювач зустрічається у вигляді газів (фториду F_2) фтористого водню, а також у формі пилових часток фторида натрію і кальцію [13, 304, 509].

Накопичення фтору є небезпечним для життєдіяльності рослин [246, 254, 305, 438, 518], викликаючи травмування листків (некроз, хлороз) [374, 387, 465, 505, 509].

За дії цього забруднювача зменшується приріст дерев та загальне зростання фітомаси [355], знижується врожайність сільськогосподарських культур [395, 493]. Фториди є надзвичайно токсичними для людей і тварин. Вони також мають канцерогенну та мутагенну дію [20, 25, 230]. Це свідчить про важливість розробки питань зниження концентрації цих поллютантів в оточуючому середовищі біологічними методами. Існує також постійна потреба у виявленні біоіндикаторів для біомоніторингу забруднення оточуючого середовища фторидами [509].

Нами визначена динаміка нагромадження фтору в листках *Populus nigra* та *Robinia pseudoacacia*, що зростають в умовно чистій зоні та в санітарно-захисному насажденні Алюмінієвого комбінату, в емісіях якого присутні високоагресивні фториди [138, 203, 506]. Результати свідчать про збільшення його кількості протягом вегетаційного періоду (рис. 6.6).

В контрольному варіанті зростання кількості поллютанта в листках протягом вегетації невелика. Темпи акумуляції елемента в асиміляційних органах рослин

дослідних варіантів набагато більші, причому на різних етапах онтогенезу листка неоднакові. Найактивніше цей процес відбувається в молодих листках, що вже закінчили свій ріст. В міру старіння листків накопичення зменшується. Найбільша кількість фтору виявлена в кінці вегетації, що дає певну уяву про середовищеочищувальну роль рослин стосовно цього забруднювача.

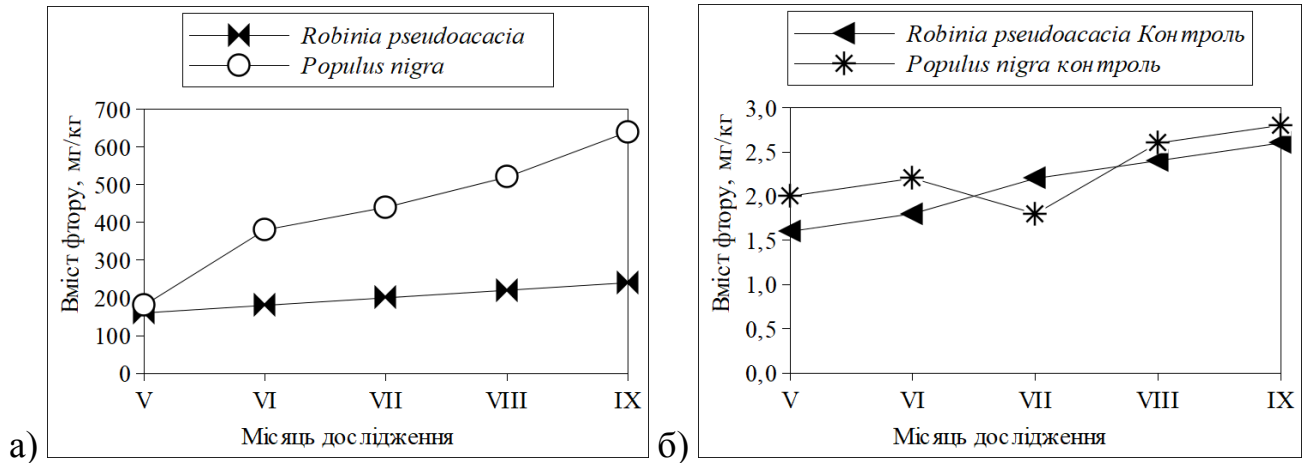


Рис. 6.6. Накопичення фтору протягом вегетації на дослідній (а) та контрольній ділянці (б)

Отримані нами дані стосовно збільшення кількості фтору в листках *Robinia pseudoacacia* та *Populus nigra*, зростаючих в СЗЗ Алюмінієвого комбінату, в міру вегетації узгоджується з результатами, представленими в інших роботах [138, 506].

Надалі в листках більшості видів рослин, що зростають на дослідних ділянках фтор визначали в період найбільшого його нагромадження – в кінці вегетації. Як видно з табл. 6.5, вміст фтору в листках деревних рослин умовно чистої зони незначний. Він варіює від 0,98 до 4,98 мг/кг в залежності від виду рослин.

Найменше цього елемента міститься в листках *Acer pseudoplatanus*, *Armeniaca vulgaris* до 1 мг/кг абсолютно сухої речовини. Більше чотирьох мг/кг накопичується в листках *Salix alba*, *Elaeagnus angustifolia*, *Aesculus hippocastanum*, *Morus alba*.

За даними більшості дослідників фтор не є необхідним елементом живлення рослин, проте, в деяких роботах повідомляється, що цей елемент в мікродозах може стимулювати їх ріст [138]. Вміст фтору в листках дерев контрольного

варіанту, як вже відмічалось вище, відносно невеликий, не перевищує 4,98 мг/кг абсолютно сухої маси. Для порівняння, вміст фторидів в надземній частині рослин Українських Карпат складає 0,22 – 4,14, в підземній – 0,23 – 3,87 мг/кг сухої маси. На рівнинній території цей діапазон виявився ширше: в надземній частині 0,15 – 7,62, в підземній – 0,1 – 7,76 мг/кг сухої маси [166]. У хвої ялини на території Литви в районах з чистим від фторидних сполук повітрям, середнє значення вмісту фтору – 4,9 мг/кг [13]. Хоча в ряді робіт вказуються значно більші цифри, максимальний природний вміст фторидів у рослинах, які зростали у вільних від промисловості районах становить 20–30 мг/кг [402, 435]. Розбіжності можливо пояснити різним вмістом фтористих сполук у ґрунтах досліджуваних ділянок.

В умовах СЗЗ підприємств в листках деревних рослин нагромаджується суттєво більше цього елемента, ніж в контролі (табл. 6.5). Порівняння концентрації елемента в листовій масі досліджуваних нами рослин, що зростають в умовах санітарних зон різних підприємств, свідчить про значні відмінності цього показника. Найвищий вміст фтору нами виявлено в листках дерев Алюмінієвого комбінату, який є джерелом найбільш інтенсивного викиду фтору в атмосферу [355, 303].

Показники його вмісту в залежності від виду рослин варіюють від 260,31 (*Tilia cordata*) до 670,11 (*Populus nigra*) мг на кг сухої маси. Найменші кількості цього токсиканта накопичується в листках рослин зеленої зони Трансформаторного заводу – рівень фтору коливається від 17,21 (*Robinia pseudoacacia*) до 43,12 (*Populus pyramidalis*) мг/кг сухої маси.

В межах одного і того ж підприємства концентрація фтору в листках різних видів рослин відрізняється. Характерно, що найбільша кількість елемента акумулюється в цих органах у *Populus nigra*, *Populus alba*, *Salix alba*, *Aesculus hippocastanum*, *Populus pyramidalis*, *Populus simonii*. У таких видів як *Ailanthus altissima*, *Fraxinus lanceolata*, *Catalpa bignonioides*, *Juglans regia*, *Morus alba* та *Elaeagnus angustifolia* значення нагромадження цього елемента близькі.

Таблиця. 6.5

Вміст фтору у листках деревних рослин, що ростуть у зоні СЗЗ промислових підприємств, мг / кг від абсолютної сухої маси ($\bar{x} \pm SE$, $n = 4$)

| Види рослин | Контроль | Промислові підприємства | | | | | | | | |
|-------------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| <i>Acer negundo</i> | 2,39±0,24 ^a | 30,62±0,43 ^b | 67,62±0,96 ^c | 59,32±0,78 ^d | 315,26±4,36 ^e | | 120,51±2,51 ^g | 84,76±1,68 ^h | – | – |
| <i>Acer platanoides</i> | 1,5±0,17 ^a | 37,9±0,47 ^b | 81,37±1,34 ^c | 71,5±0,98 ^d | 340,61±4,16 ^e | 196,12±2,17 ^f | 151,32±2,86 ^g | 106,8±2,23 ^h | 30,32±0,45 ⁱ | 290,11±3,65 ^j |
| <i>Acer pseudoplatanus</i> | 0,98±0,12 ^a | 38,42±0,44 ^b | – | 74,64±0,96 ^d | – | – | – | – | – | 197,21±2,63 ^j |
| <i>Aesculus hippocastanum</i> | 4,24±0,24 ^a | 54,82±0,54 ^b | – | 99,71±1,59 ^d | 600,26±7,15 ^e | 278,28±3,42 ^f | 232,43±3,60 ^g | 160,36±2,59 ^h | 41,76±0,54 ⁱ | 267,36±3,64 ^j |
| <i>Ailanthus altissima</i> | 1,4±0,15 ^a | 25,79±0,44 ^b | – | 48,82±0,54 ^d | 433,26±5,20 ^e | 205,7±3,56 ^f | 166,37±2,15 ^g | 115,52±2,38 ^h | 19,16±0,49 ⁱ | 195,74±2,59 ^j |
| <i>Armeniaca vulgaris</i> | 0,99±0,13 ^a | 36,48±0,50 ^b | – | 70,57±1,05 ^d | – | 149,12±2,54 ^f | 126,7±2,04 ^g | – | 27,11±0,46 ⁱ | – |
| <i>Betula pendula</i> | 2,11±0,25 ^a | 27,14±0,42 ^b | 80,42±0,98 ^c | 55,47±0,64 ^d | 280,71±3,95 ^e | 130,48±2,15 ^f | 111,14±2,12 ^g | 78,37±1,03 ^{ch} | 20,32±0,40 ⁱ | 121,55±2,46 ^j |
| <i>Catalpa bignonioides</i> | 1,12±0,19 ^a | 34,17±0,41 ^b | 85,49±1,46 ^c | 70,3±1,02 ^d | 497,21±5,18 ^e | 235,18±3,15 ^f | 133,4±2,61 ^g | 141,44±2,54 ^{gh} | 25,31±0,49 ⁱ | 201,62±3,52 ^j |
| <i>Elaeagnus angustifolia</i> | 4,4±0,20 ^a | 56,32±0,68 ^b | 149,71±2,82 ^c | 120,39±2,34 ^d | 520,42±6,75 ^e | 240,42±3,65 ^f | 198,42±2,85 ^g | 137,18±2,69 ^h | 40,32±0,54 ⁱ | 223,87±3,64 ^j |
| <i>Fraxinus lanceolata</i> | 3,56±0,18 ^a | 29,7±0,49 ^b | – | 56,41±0,87 ^d | 420,83±5,42 ^e | 195,3±3,05 ^f | 160,53±2,79 ^g | 110,93±2,46 ^h | 22,48±0,45 ⁱ | 174,81±2,68 ^j |
| <i>Juglans regia</i> | 3,9±0,20 ^a | 32,4±0,44 ^b | 85,62±1,10 ^c | – | 488,25±5,54 ^e | 218,87±3,15 ^f | 187,36±2,95 ^g | 129,84±2,38 ^h | 25,06±0,46 ⁱ | 211,9±3,55 ^j |
| <i>Morus alba</i> | 4,98±0,24 ^a | 39,27±0,44 ^b | 97,74±1,44 ^c | 75,51±0,99 ^d | 522,6±6,0 ^e | 233,56±3,64 ^f | 201,11±3,76 ^g | 133,61±2,54 ^h | 30,7±0,48 ⁱ | 229,24±3,60 ^j |
| <i>Platanus orientalis</i> | 1,12±0,16 ^a | – | – | – | 289,1±3,14 ^e | – | – | – | 19,36±0,42 ⁱ | 226,38±3,68 ^j |
| <i>Populus alba</i> | 3,78±0,23 ^a | 48,6±0,54 ^b | 124,75±2,52 ^c | – | 642,67±6,54 ^e | 295,24±3,98 ^f | 246,1±3,98 ^g | 166,27±2,85 ^h | – | – |
| <i>Populus nigra</i> | 2,35±0,19 ^a | 51,32±0,60 ^b | 127,81±2,33 ^c | – | 670,11±7,41 ^e | 307,48±4,09 ^f | 254,52±3,88 ^g | 181,29±2,95 ^h | – | 271,72±3,96 ^j |
| <i>Populus pyramidalis</i> | 2,56±0,18 ^a | – | 115,96±2,41 ^c | – | 541±6,74 ^e | 265,7±3,76 ^f | – | 157,33±2,84 ^h | 43,12±0,45 ⁱ | 280,45±3,80 ^j |
| <i>Populus simonii</i> | 3,48±0,23 ^a | 50,42±0,62 ^b | 132,32±2,42 ^c | – | 579,36±6,68 ^e | – | 220,16±3,76 ^g | 142,42±2,77 ^{ch} | 41,72±0,54 ⁱ | 242,67±3,73 ^j |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | 2,3±0,20 ^a | 25,32±0,40 ^b | 61,36±1,12 ^c | 47,61±0,52 ^d | 275,6±3,45 ^e | 129,1±2,47 ^f | 106,14±2,45 ^g | 90,76±1,34 ^h | 17,21±0,38 ⁱ | 120,38±2,31 ^j |
| <i>Salix alba</i> | 4,15±0,24 ^a | 43,27±0,58 ^b | 110,74±2,86 ^c | 83,7±1,24 ^d | 602,9±6,31 ^e | 287,2±3,77 ^f | 231,27±3,60 ^g | 198,81±2,50 ^h | 37,1±0,52 ⁱ | 267,74±3,62 ^j |
| <i>Tilia cordata</i> | 1,12±0,15 ^a | 24,11±0,40 ^b | 62,81±1,08 ^c | 45,84±0,56 ^d | 260,31±3,75 ^e | 110,43±2,50 ^f | 97,65±1,95 ^g | 79,54±1,08 ^h | 17,6±0,40 ⁱ | 108,78±2,33 ^j |
| <i>Ulmus carpinifolia</i> | 3,92±0,24 ^a | 40,31±0,51 ^b | 99,56±1,65 ^c | 74,93±1,02 ^d | 310,54±4,10 ^e | 147,63±2,07 ^f | 118,42±2,28 ^g | 83,18±1,09 ^h | 29,27±0,59 ⁱ | 129,61±2,53 ^j |
| <i>Ulmus laevis</i> | 2,86±0,23 ^a | 42,54±0,52 ^b | 105,34±1,62 ^c | 71,42±1,17 ^d | 270,71±3,12 ^e | 131,74±2,31 ^f | 102,7±2,14 ^g | – | 28,19±0,52 ⁱ | 119,59±2,77 ^j |

Примітки:

1) «–» цей вид дерев відсутній;

2) однакові латинські букви означають статистично незначущі розбіжності середніх у ряді на основі результатів використання тесту Т'юкі ($P < 0,05$);

3) промислові підприємства: 1 – Титано-магнієвий; 2 – Укрграфіт; 3 – Абразивний; 4 – Алюмінієвий; 5 – Феросплавний; 6 – Запоріжсталь; 7 – Вогнетрив; 8 – Трансформаторний; 9 – Коксохімічний.

Найменше накопичують листки таких рослин як *Tilia cordata*, *Ulmus laevis*, *Robinia pseudoacacia*, *Platanus orientalis*, *Betula pendula*, *Ulmus carpinifolia*, *Acer negundo*, *Acer platanoides*.

На значну акумуляцію цього елемента в листках рослин в техногенних умовах зростання вказують інші автори. Так, біля алюмінієвого заводу концентрація фтору в листках абрикосу та винограду складала 400 мг/кг [395, 519], а біля заводу з виробництва фосфорних добрив – в цих органах абрикосу 50 мкг/г, оливкових дерев – 400 мкг/г [435], в листках ряду деревних рослин 500 – 11300 мг/кг [410], 138 – 665 мг/кг [506]. Вміст фторидів у листках ясена і фігових дерев в районі м. Аннаби (Алжир) сягала 218 та 298 мг/кг відповідно [476]. За даними М. Кессабі, Б. Ассімі, Дж. П. Браун (1984) [408], кількість фтору в рослинах забруднених районів коливалась від 50 до 1750 мг/кг. Дуже значне підвищення цього елемента в листовій масі деревних рослин в степовій зоні України за слабого рівня їх ушкодження виявив Т. М. Ількун (1978) [138]. У семи вивчаємих ним видів дерев вміст фтору варіював від 1,06 у *Populus nigra* до 3,10 г/кг сухої маси у *Populus bolleana*, що набагато більше, ніж в листках рослин вивчаємих нами санітарних зон.

Як видно, діапазон накопичення фтору за даними ряду дослідників, в районі одного і того джерела забруднення достатньо великий. Згідно нашим даним, кількість забруднювача в листках різних рослин варіює від 260,31 (*Tilia cordata*) до 670,11 (*Populus nigra*) мг на кг сухої маси в С33 Алюмінієвого комбінату, від 119,59 (*Ulmus laevis*) до 290,11 (*Acer platanoides*) – в зелених насадженнях Коксохімічного, від 110,43 (*Tilia cordata*) до 307,48 мг/кг (*Populus nigra*) в лісосмузі Феросплавного заводу. Це ж стосується і результатів, отриманих для дерев в інших С33.

Отже, різниця в рівні нагромадження фтору в листках різних видів дерев в межах будь-якої однієї С33 менша, ніж наведена в деяких літературних джерелах. За рівнем акумуляції фітотоксиканта органами асиміляції дерев в санітарно-захисних лісосмугах різних підприємств останні можна ранжувати наступним чином: Алюмінієвий комбінат > Коксохімічний \geq Феросплавів > Запоріжсталь >

Вогнетрив > Укрграфіт > Абразивний > Титано-магнієвий > Трансформаторний завод.

Доведено, що фітотоксичний рівень фтору в надземних частинах рослин підвищується головним чином за рахунок забруднення його сполуками повітря. Відомо також що акумуляція фтору має дозозалежний характер [246, 422, 495, 518]. З падінням рівня забруднення атмосферного повітря фтором вміст його в листках деревних рослин зменшується [435]. А в роботі Т. А. Михайлової зі спів. (2005) вказується на пряму залежність вмісту фторидів у хвої сосни звичайної від кількості фторвмісних компонентів (фтористого водню і твердих фторидів) у викидах, що підтверджується розрахуванням коефіцієнтів кореляції між цими параметрами. Отже, за результатами накопичення елемента в листках дерев у нашому досліді, можна вважати, що зі всіх досліджуваних ділянок, найбільше забруднене цим полютантом повітря СЗЗ Алюмінієвого комбінату, а найменше Трансформаторного заводу.

Рослини, що акумулюють більшу кількість цього забруднювача є кращими доочищувачами повітря. Обговорюючи їх середоочищувальну роль, слід зазначити, що на відміну від фенолу, за даними ряду дослідників, фториди зовсім не метаболізуються і не пересуваються з одних органів в інші, їх детоксикації в рослинній клітині зовсім не відбувається [343, 400]. Не виявлене переміщення фторидів від більш старих листків до більш молодим ні у кормових бобів, ні у кормової капусти [97], а також від верхівкових до базальних ділянок крони ялини [253]. Проте, Е. Vike (2005) [506] вказує на вимивання фтору з листків рослин, під впливом дощу. J. S. Jacobson et al., (1966) [400] також зазначають що необоротного зв'язування з клітинними компонентами не відбувається. Ці результати свідчать про можливість втрати деякої кількості акумульованих фторидів листками.

Види з високим відносним накопиченням фтору найбільш ефективно виконують середовищеочищувальну роль в умовах техногенних ландшафтів. Вони повинні поєднувати високий рівень елемента з меншою пошкоджуваністю листового апарату. Як вже вказувалось вище, такими рослинами є *Populus nigra*,

Populus alba, Salix alba, Aesculus hippocastanum, Populus pyramidalis, Populus simonii.

Головним ланцюгом у визначенні якості середовища є довготривалий моніторинг найбільш токсичних і розповсюджених забруднюючих речовин, зокрема фторидів. Основою для вибору рослини-монітора є відповідність між рівнем забруднення атмосферного повітря, фторидами і рівнем їх нагромадження. Таким показником накопичення елементу є коефіцієнт відносного накопичення який виражає відношення вмісту в листках рослин в умовах забруднення середовища до його фонового рівню. Він дозволяє співставити ступінь збільшення елемента у різних видів рослин, в умовах техногенного забруднення довкілля. Саме тому дана величина є показовою як критерій оцінки придатності виду для пасивного моніторингу забруднення довкілля токсичними елементами.

Були розраховані коефіцієнти відносного накопичення фтору листками деревних рослин (рис. 6.7). Коефіцієнт відносного накопичення фтору в листках рослин СЗЗ Алюмінієвого комбінату найвищий порівняно з іншими дослідними ділянками. Найбільші його показники за цих умов виявлені для таких видів рослин: *Catalpa bignonioides, Ailanthus altissima, Populus nigra, Platanus orientalis, Tilia cordata, Acer platanoides*. Ці ж породи мають високі, стосовно інших видів рослин, значення коефіцієнту відносного накопичення елементу на таких підприємствах як: Коксохімічний, Феросплавний, Вогнетрив, Запоріжсталь та Укрграфіт.

Слід вказати на те, що як біоіндикатори були ідентифіковані деякі сільськогосподарські рослини для аналізу ступеня забруднення фторидами атмосферного повітря [343]. Згідно дослідженням Е. Віке (1999), кращим видом для моніторингу атмосферного фтору є *Sorbus aucuparia* (за аналізом листків).

Співставлення коефіцієнтів акумуляції фтору розрахованих для асиміляційних органів різних видів деревних рослин, показує, що найкращими біоіндикаторами забруднення довкілля цим токсикантом є *Catalpa bignonioides, Ailanthus altissima, Acer platanoides, Populus nigra, Armeniaca vulgaris, Tilia cordata, Acer pseudoplatanus, Platanus orientalis*.

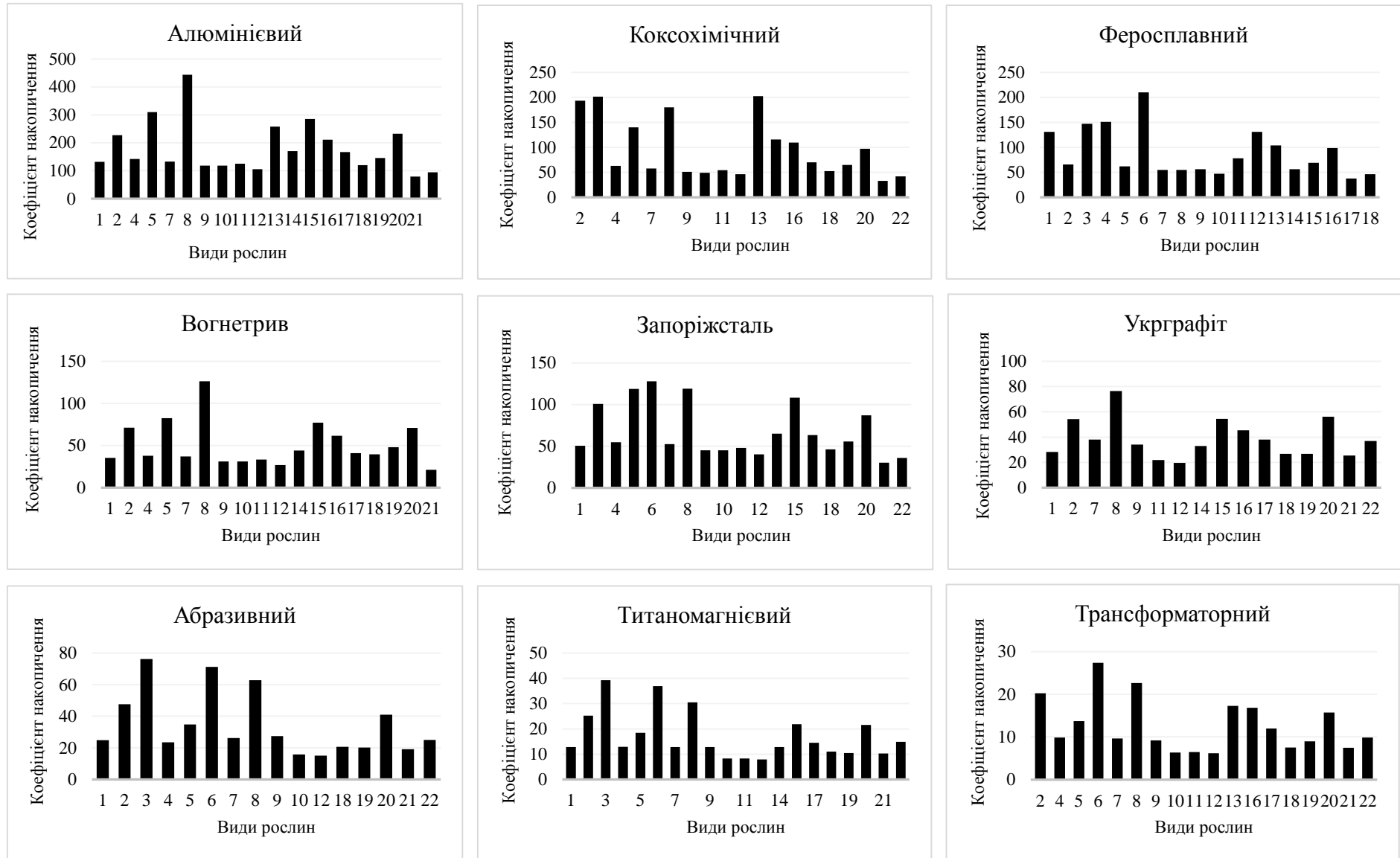


Рис. 6.7. Величина відносного накопичення фтору (1 – *Acer negundo*; 2 – *Acer platanoides*; 3 – *Acer pseudoplatanus*; 4 – *Aesculus hippocastanum*; 5 – *Ailanthus altissima*; 6 – *Armeniaca vulgaris*; 7 – *Betula pendula*; 8 – *Catalpa bignonioides*; 9 – *Elaeagnus angustifolia*; 10 – *Fraxinus lanceolata*; 11 – *Juglans regia*; 12 – *Morus alba*; 13 – *Platanus orientalis*; 14 – *Populus alba*; 15 – *Populus nigra*; 16 – *Populus pyramidalis*; 17 – *Populus simonii*; 18 – *Robinia pseudoacacia*; 19 – *Salix alba*; 20 – *Tilia cordata*; 21 – *Ulmus carpiniifolia*; 22 – *Ulmus laevis*).

Отже, накопичення фтору в листках деревних рослин, що зростають в санітарно-захисних насадженнях Запорізького промислового регіону, відбувається протягом всієї вегетації, найінтенсивніше у молодих листках, що закінчили ріст. Максимальна кількість елемента виявлена в кінці вегетаційного періоду.

В умовах СЗЗ підприємств в листках деревних рослин акумулюється суттєво більше фтору, ніж у контролі. Найвищі його концентрації виявлені у листках деревних рослин лісосмуги біля Алюмінієвого комбінату. За рівнем накопичення фітотоксиканту в листках рослин СЗЗ можна ранжувати наступним чином: Алюмінієвий комбінат > Коксохімічний \geq Феросплавів > Запоріжсталь > Вогнетрив > Укрграфіт > Абразивний > Титано-магнієвий > Трансформаторний завод.

Найбільшою кількістю накопичення фтору листками характеризуються такі види дерев: *Catalpa bignonioides*, *Ailanthus altissima*, *Acer platanoides*, *Populus nigra*, *Armeniaca vulgaris*, *Tilia cordata*, *Acer pseudoplatanus*, *Platanus orientalis*, що притаманно для СЗЗ різних підприємств. Ці рослини будуть найефективніше доочищувати атмосферне повітря від газоподібних фторидів.

Найвищі коефіцієнти відносного накопичення фтору листками виявлено у таких видів рослин: *Catalpa bignonioides*, *Ailanthus altissima*, *Acer platanoides*, *Populus nigra*, *Armeniaca vulgaris*, *Tilia cordata*, *Acer pseudoplatanus*, *Platanus orientalis*, їх можна вважати перспективними фітоіндикаторами забруднення середовища сполуками фтору. Найменший цей показник у *Morus alba*, *Elaeagnus angustifolia*, *Juglans regia* та *Fraxinus lanceolata*.

6.5. Компромісні плани доповнення деревних насаджень СЗЗ заводів відносно специфіки потенційного накопичення токсикантів у листках

Запропоновано компромісні плани додаткової посадки деревних рослин в зелених смугах СЗЗ промислових підприємств з врахуванням їх потенційної газопоглинальної здатності. Подальше втілення цих планів спрямоване на поліпшення атмосфероочисної функції деревних рослин, зростаючих в зеленій зоні промислових підприємств. Видова специфіка накопичення токсикантів (сірки, фенолів, фтору) листками рослин та кількісний склад деревостану захисних масивів досліджуваних заводів наведені в Додаток В табл. В.1–В.8. Аналіз потреби заміни сухостою (A_1), доповнення пустих територій захисних насаджень деревними породами (A_2), забезпечення їх біорізноманіття (B) для різних промислових підприємств характеризують величини наведені в табл. 6.6.

Таблиця 6.6

Необхідна кількість дерев до висаджування СЗЗ

| Назва підприємства | A_1 | A_2 | B |
|--------------------|-------|-------|-----|
| Укрграфіт | 73 | 88 | 7 |
| Алюмінієвий | 64 | 82 | 7 |
| Феросплавний | 65 | 85 | 7 |
| Вогнетрив | 61 | 88 | 7 |
| Абразивний | 70 | 120 | 7 |
| Запоріжсталь | 150 | 190 | 7 |
| Трансформаторний | 26 | 48 | 7 |

Проведено розрахунки компромісних планів досадження дерев у насадженнях СЗЗ заводів Укрграфіт, Запоріжсталь, Дніпроспецсталь, Абразивний, Феросплавний, Трансформаторний, Алюмінієвий згідно алгоритму, описаному в розділі 2.

Змодельовані компромісні плани досадження дерев для заповнення проміжків у рядах, пустих територій, заміни сухостою зеленої лісосмуги заводу Укрграфіт (табл. 6.7).

Таблиця 6.7

Змодельовані компромісні варіанти доповнень асортименту до насаджень СЗЗ підприємства Укрграфіт

| Величини | | Альтернативний варіант | | | | | |
|----------|-------------------------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| x_1 | <i>Acer negundo</i> | | | 38 | | | 1 |
| x_2 | <i>Acer platanoides</i> | | | | | | |
| x_3 | <i>Ailanthus altissima</i> | | 28 | | 16 | 17 | 1 |
| x_4 | <i>Catalpa bignonioides</i> | | | | | | |
| x_5 | <i>Elaeagnus angustifolia</i> | 27 | | | | | 3 |
| x_6 | <i>Fraxinus lanceolata</i> | | 20 | | | 17 | |
| x_7 | <i>Juglans regia</i> | | | | | 5 | 1 |
| x_8 | <i>Malus domestica</i> | | | | | | 1 |
| x_9 | <i>Morus alba</i> | | | | 12 | | |
| x_{10} | <i>Populus alba</i> | 14 | 4 | 16 | 13 | | 13 |
| x_{11} | <i>Populus nigra</i> | 15 | | 18 | 17 | | 24 |
| x_{12} | <i>Populus pyramidalis</i> | 9 | | 10 | 9 | | 6 |
| x_{13} | <i>Populus simonii</i> | 18 | | | | | 38 |
| x_{14} | <i>Pyrus communis</i> | | | | | | 1 |
| x_{15} | <i>Robinia pseudoacacia</i> | 0 | 27 | | 1 | 23 | |
| x_{16} | <i>Salix alba</i> | 1 | | 1 | 1 | | |
| x_{17} | <i>Thuja orientalis</i> | | | | | | |
| x_{18} | <i>Tilia cordata</i> | | 2 | | 12 | | |
| x_{19} | <i>Ulmus laevis</i> | 3 | 5 | 3 | 3 | 12 | |
| x_{20} | <i>Ulmus carpinifolia</i> | | 2 | | | 12 | |
| | F_1 | 0,75 | 0,73 | 0,74 | 0,74 | 0,73 | 0,74 |
| | F_2 | 2,90 | 2,81 | 2,88 | 2,86 | 2,80 | 2,94 |
| | F_3 | 35,38 | 35,28 | 35,44 | 35,36 | 35,26 | 35,52 |

Примітка: F_1 , F_2 , F_3 – вміст токсикантів (фтору, фенолів та сірки, г) в листках деревних порід, які зростають на території зеленої смуги підприємства з урахуванням досадження нових.

При доборі рослин до висаджування слід враховувати ще й екологічні умови зростання та стійкість рослин до забруднювачів даних підприємств. В першому, четвертому та останньому (шостому) варіантах кількісна перевага дерев родини *Salicacea*. В третьому варіанті найбільша кількість дерев, що

запропонована для досадження в СЗЗ заводу Укрграфіт, це – *Acer negundo*. Цей вид характеризується високою здатністю до самовідновлення, що негативно відзначається на структурі насадження. Природне насіннєве поновлення *Acer negundo* зазвичай спостерігається по периферії об'єктів озеленення, у пришляхових смугах, на території деградованих угруповань тощо. Види, які самовільно поширюються у природних та штучних екосистемах, створюють загрозу їх стабільності й стійкості (Спрягайло О.В., 2012). У другому та п'ятому варіантах переважають *Ailanthus altissima*, *Fraxinus lanceolata*, *Robinia pseudoacacia* та представники родини *Ulmaceae*. Види, які запропоновані в цих варіантах, відзначаються значною стійкістю до екологічних умов зростання Степу України та до значних концентрацій токсикантів.

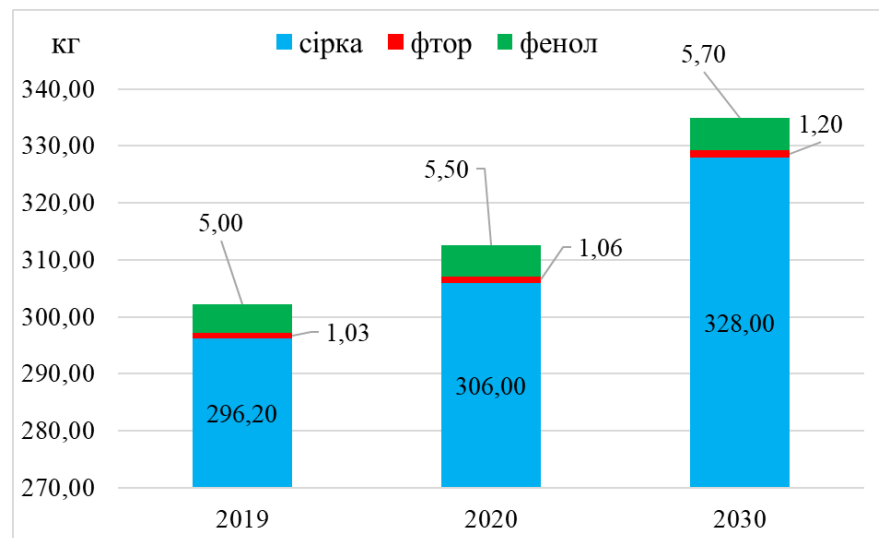


Рис. 6.8. Фактична (2019) та прогнозована (2020, 2030 рр.) поглинальна здатність насадження СЗЗ підприємства Укрграфіт, кг

Насадження СЗЗ підприємства Укрграфіт, яке налічує 937 дерев, формує 8230 кг фітомаси листків. Кожного вегетаційного періоду в них зосереджується 0,7 кг фтору, 2,7 кг фенолів та 34,3 кг сірки. Але фактичний потенціал поглинання лісосмуги значно вищий. З врахуванням втрат фітотоксикантів листками (вимивання опадами – 45 %) та відтоку в інші органи (20 %) втрачається близько 65 % токсикантів (за даними І. Ілька, 1978 [138]). Враховуючи цей факт, захисне насадження підприємства Укрграфіт фактично акумулює 296,3 кг сірки або 592,6 кг діоксиду сірки, 5,0 кг фенолів та 1,0 кг фтору. За умови досадження

та заміни сухою новими породами насадження СЗЗ даного заводу накопичуватиме з атмосферного повітря вже в рік досадження на 0,5 кг більше фенолів та на 10 кг – сірки. Лісосмуга насадження заводу Укрграфіт через 10 років буде поглинати 328,0 кг сірки (656,0 кг SO₂), 5,7 кг фенолів та 1,2 кг фтору (рис. 6.8).

Таблиця 6.8

Змодельовані компромісні варіанти доповнень асортименту до насаджень СЗЗ підприємства Алюмінієвий

| Величини | Вид рослин | Альтернативний варіант | | | | | |
|----------|-------------------------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| x_1 | <i>Acer pseudoplatanus</i> | | | | | | |
| x_2 | <i>Aesculus hippocastanum</i> | 12 | 10 | | | | |
| x_3 | <i>Ailanthus altissima</i> | | | 5 | | 17 | 14 |
| x_4 | <i>Betula pendula</i> | | | | | | |
| x_5 | <i>Catalpa bignonioides</i> | | 1 | | | | |
| x_6 | <i>Fraxinus lanceolata</i> | | | 45 | 26 | 9 | 1 |
| x_7 | <i>Morus alba</i> | 3 | 1 | | | | |
| x_8 | <i>Picea pungens</i> | | | | | | |
| x_9 | <i>Platanus acerifolia</i> | | | | | | |
| x_{10} | <i>Populus alba</i> | 17 | 15 | 6 | | | 6 |
| x_{11} | <i>Populus nigra</i> | 20 | 18 | 1 | 1 | 4 | 1 |
| x_{12} | <i>Populus Simonii</i> | 10 | 8 | | | | |
| x_{13} | <i>Quercus robur</i> | | | | | | |
| x_{14} | <i>Robinia pseudoacacia</i> | | | 20 | 10 | 27 | 37 |
| x_{15} | <i>Salix alba</i> | 19 | 11 | | | | |
| x_{16} | <i>Sorbus aucuparia</i> | | | | | | |
| x_{17} | <i>Thuja orientalis</i> | | | | | | 3 |
| x_{18} | <i>Tilia cordata</i> | | | | | 1 | |
| x_{19} | <i>Ulmus laevis</i> | | | | 42 | | |
| x_{20} | <i>Ulmus carpinifolia</i> | | | | | 18 | |
| | F_1 | 3,06 | 3,04 | 3,01 | 2,99 | 3,01 | 3,02 |
| | F_2 | 2,43 | 2,41 | 2,37 | 2,36 | 2,39 | 2,38 |
| | F_3 | 29,17 | 28,99 | 29,11 | 29,10 | 29,02 | 29,19 |

Примітка: як в табл. 6.7

Запропоновані плани доповнення насаджень СЗЗ Алюмінієвого комбінату дещо відрізняють за видовим складом, але різниця в накопичені досліджуваних

токсикантів незначна табл. 6.8. При доборі деревних порід слід враховувати стійкість до забруднювачів та відповідність екологічним умовам зростання. В першому та другому варіанті значна перевага віддається *Aesculus hippocastanum* та *Populus alba*. В третьому та четвертому варіанті – *Fraxinus lanceolata* та *Robinia pseudoacacia*. В останніх двох максимальна кількість запропонованих дерев відносяться до видів *Robinia pseudoacacia* та *Ailanthus altissima*, які є найстійкішими видами в даних умовах. Тому найбільш перспективними вважаємо останні два плани доповнення деревами зеленої лісосмуги Алюмінієвого комбінату.

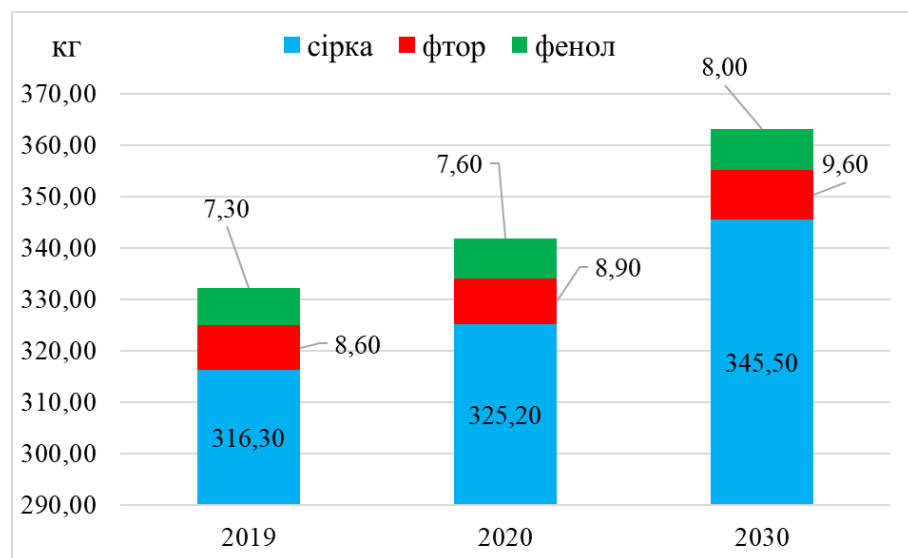


Рис. 6.9. Фактична (2019) та прогнозована (2020, 2030 рр.) поглинальна здатність насадження С33 Алюмінієвого комбінату, кг

Насадження С33 Алюмінієвого комбінату налічує 954 дерев. У листках деревних рослин насадження С33 Алюмінієвого комбінату за підрахунками за умов висадки молодих рослин в перший рік, буде акумулюватись майже 3,0 кг фтору, 4,4 кг фенолу та приблизно 29,1 кг сірки. Але фактичний потенціал накопичення значно більший. З врахуванням втрат фітотоксикантів листками та відтоку в інші органи [138] нагромаджується фактично 316,3 кг сірки, тобто 632,6 кг діоксиду сірки, 8,6 кг фтору та 7,3 кг фенолів. За умови досадження нових дерев та заміни сухостою атмосфероочисна роль С33 Алюмінієвого комбінату збільшиться. У всіх запропонованих планах (1–6) потенціал накопичення зростає на 9 кг для сірки, і становитиме 325,2 кг або 650,4 кг діоксиду сірки. На 0,3 кг

збільшиться поглинання фтору та фенолів (кожного). А вже через 10 років доповнене насадження СЗЗ акумулюватиме 9,6 кг фтору, 8,0 кг фенолів та 345 кг сірки (690 кг SO₂) (рис. 6.9).

Плани досадження зеленої лісосмуги Титано-магнієвого комбінату наведені в табл. 6.9. Найкращими варіантами доповнення деревними рослинами захисного масиву досліджуваного підприємства є 3, 5 та 6.

Таблиця 6.9

Змодельовані компромісні варіанти доповнень асортименту до насаджень СЗЗ підприємства Титано-магнієвий

| Величини | | Альтернативний варіант | | | | | |
|----------|-------------------------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| x_1 | <i>Acer negundo</i> | | 3 | | 12 | | |
| x_2 | <i>Acer platanoides</i> | | 8 | | 10 | | |
| x_3 | <i>Aesculus hippocastanum</i> | 18 | 3 | | 8 | | |
| x_4 | <i>Ailanthus altissima</i> | | 8 | 18 | 5 | 18 | 20 |
| x_5 | <i>Betula pendula</i> | 27 | | | 12 | | 2 |
| x_6 | <i>Fraxinus lanceolata</i> | | 3 | 14 | | 20 | 20 |
| x_7 | <i>Juglans regia</i> | | 8 | 6 | 8 | 6 | 5 |
| x_8 | <i>Morus alba</i> | | 8 | | | | |
| x_9 | <i>Picea abies</i> | | 8 | | | | |
| x_{10} | <i>Picea pungens</i> | | 8 | | 10 | 5 | 2 |
| x_{11} | <i>Populus alba</i> | 19 | 8 | 14 | 8 | 10 | 10 |
| x_{12} | <i>Populus nigra</i> | 14 | 3 | | 5 | | 4 |
| x_{13} | <i>Populus Simonii</i> | 19 | 3 | 8 | 5 | 7 | 5 |
| x_{14} | <i>Robinia pseudoacacia</i> | 1 | 4 | 18 | 4 | 15 | 15 |
| x_{15} | <i>Salix alba</i> | | 5 | | | | |
| x_{16} | <i>Thuja orientalis</i> | | 3 | | | | |
| x_{17} | <i>Tilia cordata</i> | 1 | 7 | 3 | 4 | | |
| x_{18} | <i>Ulmus laevis</i> | | 3 | | 5 | 3 | |
| x_{19} | <i>Ulmus carpinifolia</i> | | 5 | 18 | | 15 | 15 |
| | F_1 | 0,64 | 0,64 | 0,64 | 0,64 | 0,64 | 0,64 |
| | F_2 | 3,33 | 3,29 | 3,29 | 3,30 | 3,29 | 3,29 |
| | F_3 | 54,14 | 53,90 | 53,88 | 53,95 | 53,84 | 53,84 |

Примітка: як в табл. 6.7

Зелені насадження СЗЗ Титано-магнієвий комбінату налічують 1826 шт. дерев, які формують 17516 кг фітомаси листків. Протягом вегетації в них зосереджується 0,6 кг фтору, 3,2 кг фенолів та 52,9 кг сірки. Фактична поглинальна здатність значно більша ніж та що розраховується тільки по вмісту в листках на при кінці вегетації. Захисне насадження даного підприємства акумулює 630,57 кг сірки або 1261,15 кг діоксиду сірки, 9,14 кг фенолів та 1,71 кг фтору за умов втрати та відтоку в інші органи [138]. За умови досадження новими рослин на вільних ділянках та заміни сухоостою СЗЗ Титано-магнієвого комбінату поглинатиме з атмосферного повітря на 0,3 кг більше фенолів, 0,1 кг – фтору, на 11 кг – сірки за першу вегетацію після досадження. Лісосмуга досліджуваного підприємства через 10 років буде накопичуватиме 666,21 кг сірки (1332,43 кг SO₂), 9,79 кг фенолів та 1,89 кг фтору (рис. 6.10).

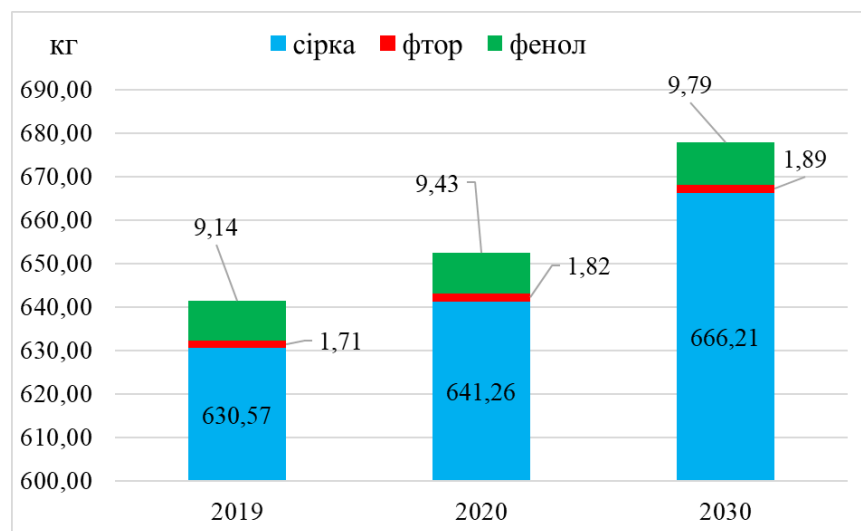


Рис. 6.10. Фактична (2019) та прогнозована (2020, 2030 рр.) поглинальна здатність насадження СЗЗ Титано-магнієвого комбінату, кг

Насадження СЗЗ Феросплавного заводу не вирізняється різноманіттям, налічує всього 12 видів.

Компромісні плани оновлення лісосмуги заводу Феросплавний представлено у таблиці 6.10. Види рослин, що пропонуються для досадження у захисній смузі повинні буди стійкими до екологічних умов та газоподібних викидів підприємств. Це – *Ailanthus altissima*, *Robinia pseudoacacia*, *Ulmus parvifolia*, *Ulmus carpinifolia*, *Populus alba*, *Fraxinus lanceolata*.

Таблиця 6.10

Змодельовані компромісні варіанти доповнень асортименту до насаджень СЗЗ підприємства Феросплавний

| Величини | Альтернативний варіант | | | | | |
|----------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| x_1 | | 15 | 12 | 10 | 7 | 14 |
| x_2 | | | 2 | 10 | 13 | |
| x_3 | 4 | | 2 | 15 | 15 | |
| x_4 | 12 | | | | | |
| x_5 | | 8 | 10 | 5 | 13 | 10 |
| x_6 | 1 | | | | 7 | |
| x_7 | 10 | 12 | | | | |
| x_8 | 30 | 15 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| x_9 | 28 | | | | 5 | |
| x_{10} | | 20 | 27 | 15 | 5 | 25 |
| x_{11} | | | 10 | 20 | 5 | 8 |
| x_{12} | 1 | 15 | 12 | | 5 | 18 |
| F_1 | 1,48 | 1,46 | 1,46 | 1,46 | 146,7 | 146 |
| F_2 | 6,45 | 6,43 | 6,40 | 6,41 | 6,41 | 6,41 |
| F_3 | 45,10 | 44,96 | 44,86 | 44,85 | 44,93 | 44,89 |

Примітка як в таблиці 6.7.

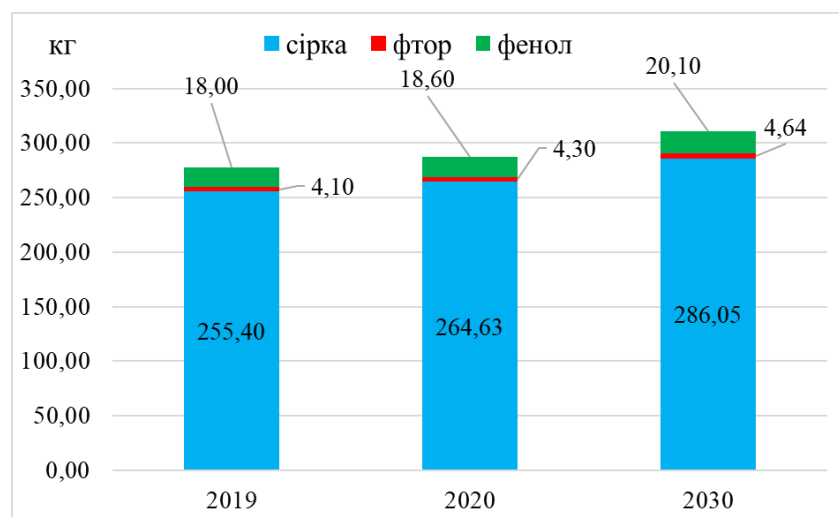


Рис. 6.11. Фактична (2019) та прогнозована (2020, 2030 рр.) поглинальна здатність насадження СЗЗ Феросплавного заводу, кг

Максимально ці види рослин задіяні в планах у варіантах 2, 6, 3. Отже ці варіанти є найбільш перспективними для поповнення деревостану СЗЗ Феросплавного заводу.

Деревні насадження захисної лісосмуги підприємства Феросплавів, яке налічує 1138 шт. рослин щорічно за вегетацію продукують 7096 кг фітомаси листків, які нагромаджують 1,4 кг фтору, 6,3 кг фенолів та 44,2 кг сірки.

Враховуючи втрати токсикантів в листках, захисне насадження даного підприємства нагромаджує 255,4 кг сірки або 510,9 кг діоксиду сірки, 18,0 кг фенолів та 4,0 кг фтору. З урахуванням досадження та заміни сухостою новими породами насадження СЗЗ досліджуваного підприємства поглинатиме з атмосферного повітря на 0,6 кг більше фенолів, 0,3 кг фтору, та на 9,2 кг більше сірки в кінці вегетації цього ж року. Лісосмуга заводу Феросплавний, за умови доповнення кількісного складу, через 10 років буде накопичувати 286,0 кг сірки (572,0 кг SO₂), 20,1 кг фенолів та 4,6 кг фтору (рис. 6.11).

Розглянуто компромісні плани доповнення деревами захисних насаджень заводу Вогнетрив (табл. 6.11). Як вже відзначалось, доповнювати деревостан СЗЗ промислових підприємств необхідно стійкими породами. Перший варіант не вдалий, оскільки там пропонується висадити 67 екз. *Catalpa bignonioides*, а в другому та четвертому варіанті надається кількісна перевага *Aesculus hippocastanum*, *Acer negundo*, *Acer platanoides*. *Acer negundo* є не довговічною рослиною. Найбільш перспективними є варіанти 3, 5 та 6. В цих планах наданий стійкий до промислових токсикантів асортимент рослин.

Деревні насадження СЗЗ підприємства Вогнетрив, яке налічує 1949 шт. деревних рослин, які за вегетаційний період формують 18233 кг фітомаси листків, в котрих акумулюється 1,96 кг фтору, 10,95 кг фенолів та 58,67 кг сірки. При врахуванні втрат листками токсикантів, захисний масив даного підприємства накопичує 656,38 кг сірки або 1,312 кг діоксиду сірки, 31,28 кг фенолів та 5,6 кг фтору. За умов введення компромісних планів висадки рослин насадження СЗЗ досліджуваного підприємства поглинатиме з атмосферного повітря на 0,5 кг більше фенолів, 0,4 кг фтору, та на 9,5 кг більше сірки цього ж року. Лісосмуга

заводу Вогнетрив, за умови досадження, через 10 років буде нагромаджуватиме 688,1 кг сірки (1376,1 кг SO₂), 33,22 кг фенолів та 6,3 кг фтору (рис. 6.12).

Таблиця 6.11

Змодельовані компромісні варіанти доповнень асортименту до насаджень СЗЗ підприємства Вогнетрив

| Величини | Альтернативний варіант | | | | | |
|----------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| x_1 | | 18 | | 10 | | |
| x_2 | | 14 | | | | |
| x_3 | | 15 | | 15 | | |
| x_4 | | | 12 | 7 | 10 | 17 |
| x_5 | | | | 7 | 3 | |
| x_6 | 67 | 14 | | 5 | | |
| x_7 | 1 | 5 | | | | |
| x_8 | | | 8 | 12 | 8 | 3 |
| x_9 | | | | 7 | | |
| x_{10} | 1 | 2 | | 5 | | |
| x_{11} | | | | | | |
| x_{12} | | | | 12 | 5 | 10 |
| x_{13} | | | 17 | | 18 | 13 |
| x_{14} | 4 | 4 | 8 | | 8 | 10 |
| x_{15} | 6 | 6 | | | | |
| x_{16} | 1 | 1 | 10 | | 5 | |
| x_{17} | | | 21 | | 27 | 25 |
| x_{18} | 8 | 8 | | | | |
| x_{19} | | | | 8 | 4 | |
| x_{20} | | | 12 | | | 10 |
| F_1 | 2,10 | 2,02 | 2,02 | 2,00 | 2,00 | 2,00 |
| F_2 | 11,19 | 11,16 | 11,15 | 11,14 | 11,15 | 11,16 |
| F_3 | 59,47 | 59,51 | 59,48 | 59,53 | 59,35 | 59,48 |

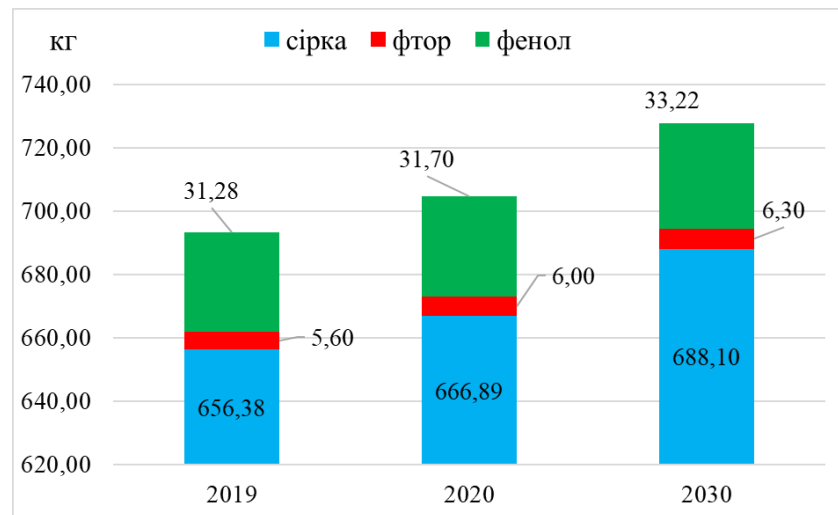


Рис. 6.12. Фактична (2019) та прогнозована (2020, 2030 рр.) поглинальна здатність насадження С33 заводу Вогнетрив, кг

Таблиця 6.12

Змодельовані компромісні варіанти доповнень асортименту до насаджень С33 підприємства Абразивний

| Величини | Альтернативний варіант | | | | | |
|----------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| x_1 | | 17 | | | | 14 |
| x_2 | | 15 | | 2 | 1 | 15 |
| x_3 | | | | 5 | | 5 |
| x_4 | | 5 | 7 | 2 | 4 | 8 |
| x_5 | 62 | 8 | | 3 | | |
| x_6 | | 13 | 5 | 2 | 2 | 7 |
| x_7 | 33 | | | | | |
| x_8 | | 7 | 3 | 2 | 2 | 5 |
| x_9 | 1 | 6 | | | | 9 |
| x_{10} | 1 | 6 | 10 | 5 | 3 | 8 |
| x_{11} | 1 | 7 | 13 | 17 | 13 | 8 |
| x_{12} | 1 | 8 | 15 | 15 | 19 | 5 |
| x_{13} | 1 | 8 | | | | 8 |
| x_{14} | 1 | 1 | | | | |
| x_{15} | | | 28 | 27 | 29 | 5 |
| x_{16} | 1 | 1 | 21 | 22 | 24 | 5 |
| F_1 | 0,74 | 0,73 | 0,73 | 0,73 | 0,73 | 0,73 |
| F_2 | 2,38 | 2,40 | 2,39 | 2,39 | 2,39 | 2,39 |
| F_3 | 59,18 | 59,23 | 59,23 | 59,30 | 59,28 | 59,19 |

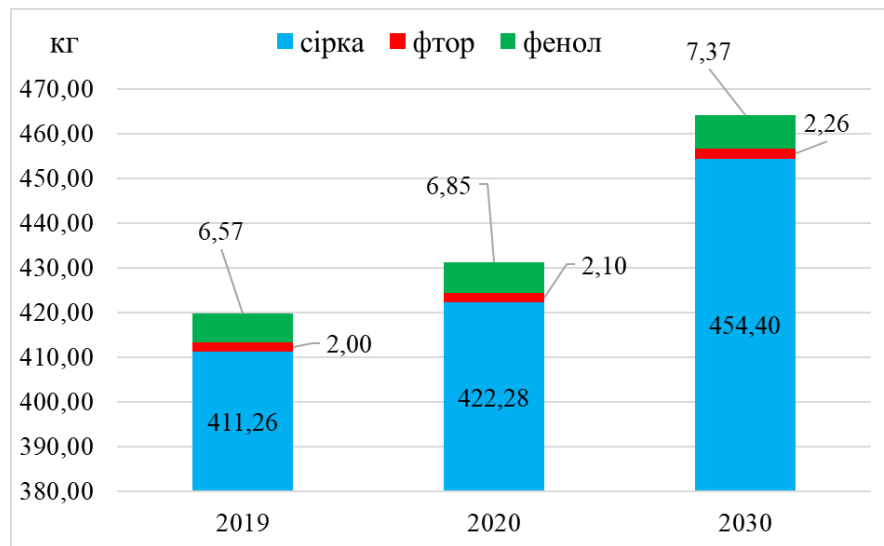


Рис. 6.13. Фактична (2019) та прогнозована (2020, 2030 рр.) поглинальна здатність насадження СЗЗ Абразивного комбінату, кг

Запропоновані плани досадження деревних рослин СЗЗ Абразивного комбінату (табл. 6.12) відрізняються за видовим складом, але майже не різняться на потенціалом накопичення токсикантів, тому вибір спрямований на стійкі породи. Найбільш вдалимими вважаємо варіант 3, 4 та 5. У цих посадках кількісно переважають стійкі до аерополітантів та кліматичних умов породи (*Armeniaca vulgaris*, *Juglans regia*, *Morus alba*, *Populus alba*, *Robinia pseudoacacia* та *Ulmus carpinifolia*). Зелена смуга Абразивного комбінату формує 11424 кг фітомаси листків, в яких протягом вегетаційного нагромаджується 0,70 кг фтору, 2,31 кг фенолів та 58,04 кг сірки (табл. 6.12).

Фактичний потенціал поглинання лісосмуги значно вищий – 411,26 кг сірки або 822,52 кг діоксиду сірки, 6,57 кг фенолів та 2,00 кг фтору. Але, якщо врахувати кількісне оновлення деревного складу, захисна зона даного заводу продукуватиме на першому році на 306 кг більше фітомаси та поглинатиме з атмосферного повітря на 0,3 кг більше фенолів, 0,1 кг фтору, та на 10 кг сірки. За цих умов, через 10 років лісосмуга Абразивного комбінату, буде поглинати 454,46 кг сірки (908,92 кг SO₂), 7,37 кг фенолів та 2,26 кг фтору (рис. 6.13).

Компромісні плани доповнення насаджень зеленого масиву заводу Запоріжсталь дещо відрізняють, але різниця в накопиченні досліджуваних

токсикантів не значна. Тому при виборі варіанту посадок дерев більший акцент має бути на стійкість рослин.

Таблиця 6.13

Змодельовані компромісні варіанти доповнень асортименту до насаджень СЗЗ підприємства Запоріжсталь

| Величини | Альтернативний варіант | | | | | |
|----------|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| x_1 | | 31 | | | | 13 |
| x_2 | | 18 | | | | 13 |
| x_3 | 44 | 15 | 5 | | | 20 |
| x_4 | 44 | 10 | | 4 | | 5 |
| x_5 | | 10 | 35 | 40 | 38 | 5 |
| x_6 | | 15 | 5 | | 2 | 7 |
| x_7 | | | 5 | 5 | 2 | 15 |
| x_8 | 30 | | | | | |
| x_9 | | | 20 | 20 | 13 | 10 |
| x_{10} | | | | | | 5 |
| x_{11} | | 7 | | | | 5 |
| x_{12} | | 5 | 7 | 7 | 5 | 15 |
| x_{13} | | 5 | 7 | 7 | 5 | 15 |
| x_{14} | | 15 | 15 | 15 | 20 | 8 |
| x_{15} | | | | | | |
| x_{16} | 3 | 13 | | | 5 | 8 |
| x_{17} | 19 | 19 | 22 | 17 | 15 | 8 |
| x_{18} | 14 | 14 | | | | |
| x_{19} | | | 35 | 45 | 45 | 5 |
| x_{20} | | | | | | |
| x_{21} | 36 | | | | | |
| x_{22} | | 14 | 8 | 5 | 2 | 15 |
| x_{23} | | | 29 | 29 | 38 | 10 |
| x_{24} | | | | | | 5 |
| F_1 | 3,90 | 3,89 | 3,88 | 3,88 | 3,88 | 3,89 |
| F_2 | 20,31 | 20,44 | 20,35 | 20,39 | 20,43 | 20,33 |
| F_3 | 200,01 | 200,24 | 200,15 | 200,11 | 200,29 | 199,91 |

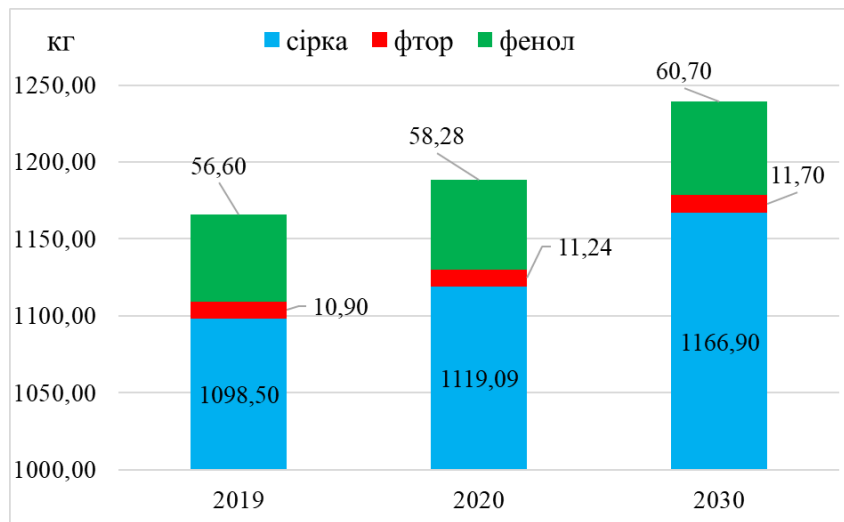


Рис. 6.14. Фактична (2019) та прогнозована (2020, 2030 рр.) поглинальна здатність насадження С33 комбінату Запоріжсталь, кг

В першому варіанті запропоновано до висадження 44 екз. *Aesculus hippocastanum*. Цей вид не стійкий. Схожа ситуація у запропонованих варіантах № 2 та 6 (табл. 6.13). У цих варіантах пропонується велика кількість рослин, які відносяться до родини *Acer*. Такі варіанти як 3, 4 та 5 характеризуються вдало підібраним асортиментом рослин стосовно стійкості до токсикантів та екологічних умов зростання.

Деревні насадження С33 підприємства Запоріжсталь, яке налічує 3136 екземплярів продукують 30515 кг фітомаси листків. Кожного вегетаційного року в листках рослин накопичується 3,8 кг фтору, 19,8 кг фенолів та 196,3 кг сірки (табл. 6.13). Фактично ці значення значно вищі, оскільки 65 % токсикантів втрачається. За вегетацію захисний масив даного підприємства поглинає 1098,54 кг (1,09 тон) сірки або 2197,08 кг діоксиду сірки (2,19 тон), 56,6 кг фенолів та 10,9 кг фтору. При досадженні новими породами насадження С33 Запоріжсталь накопичуватиме цього ж року з атмосферного повітря на 1,7 кг більше фенолів, 0,3 кг фтору, та на 21,09 кг більше сірки. Лісосмуга даного заводу, за умови втілення компромісних планів, з інтервалом в 10 років буде нагромаджувати 1166,94 кг сірки (2333,88 кг SO₂), 60,7 кг фенолів та 11,7 кг фтору (рис. 6.14).

Насадження С33 Трансформаторного підприємства налічує 1639 дерев. В С33 зростає велика кількість видів – 24, серед яких є багато стійких до промислових викидів.

До них належать: *Ailanthus altissima*, *Robinia pseudoacacia*, *Ulmus parvifolia*, *Sophora japonica*, *Platanus acerifolia*, *Fraxinus lanceolata*. У четвертому та п'ятому варіантах згідно моделі, представлені види, які не відзначаються стійкістю до забруднювачів. Найкращий підбір рослин в планах 1, 2, 3. Ці варіанти вважаємо найбільш вдалими для досадження та оновлення лісосмуги СЗЗ Трансформаторного заводу.

Щорічно, захисна лісосмуга Трансформаторного заводу нагромаджує 15795 кг фітомаси листків, в яких акумулюється 0,43 кг фтору, 2,2 кг фенолів та 39,8 кг сірки (табл. 6.14). Але фактичний потенціал поглинання лісосмуги значно вищий. В цілому захисне насадження даного підприємства поглинає 568,62 кг сірки або 1137,24 кг діоксиду сірки, 6,28 кг фенолів та 1,23 кг фтору. В перший рік, за умови досадження та заміни сухостою новими породами насадження СЗЗ досліджуваного підприємства акумулюватиме з атмосферного повітря на 0,2 кг більше фенолів та фтору кожного та на 5,2 кг сірки. Лісосмуга Трансформаторного заводу, за умови досадження деревних рослин через 10 років буде накопичувати 585,9 кг сірки (1171,8 кг SO₂), 6,61 кг фенолів та 1,46 кг фтору (рис. 6.15).

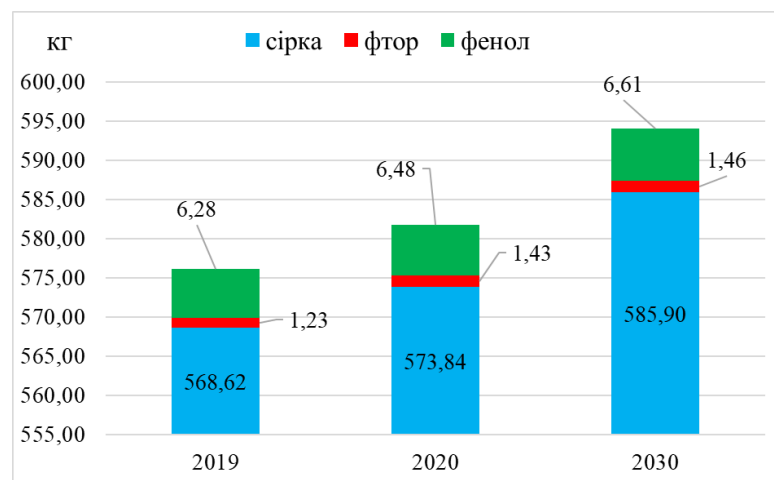


Рис. 6.15. Фактична (2019) та прогнозована (2020, 2030 рр.) поглинальна здатність насадження СЗЗ Трансформаторного заводу, кг

Таблиця 6.14

Змодельовані компромісні варіанти доповнень асортименту до насаджень СЗЗ підприємства Трансформаторний

| Величини | Альтернативний варіант | | | | | |
|----------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| x_1 | | | | | 6 | |
| x_2 | | | | | 10 | |
| x_3 | | | | | | |
| x_4 | | | | 12 | 12 | |
| x_5 | 12 | 14 | 18 | 1 | | 9 |
| x_6 | | | | | | |
| x_7 | | | 3 | 4 | | 3 |
| x_8 | | | | 4 | 12 | |
| x_9 | | | | | | |
| x_{10} | 6 | 2 | 4 | | | 2 |
| x_{11} | | | | | | |
| x_{12} | | | | | | |
| x_{13} | | | | 1 | 1 | |
| x_{14} | | | | 12 | | |
| x_{15} | 6 | 2 | 8 | 1 | 1 | 6 |
| x_{16} | | | | | | |
| x_{17} | 2 | | | | | |
| x_{18} | 4 | 4 | 2 | 4 | 1 | |
| x_{19} | 7 | 7 | 8 | 4 | | 10 |
| x_{20} | 7 | 7 | | | | 10 |
| x_{21} | | | | 1 | 1 | |
| x_{22} | | | | | | |
| x_{23} | | | 2 | | | |
| x_{24} | 3 | 12 | 4 | | | 8 |
| F_1 | 0,44 | 0,44 | 0,44 | 0,44 | 0,44 | 0,44 |
| F_2 | 2,25 | 2,25 | 2,25 | 2,24 | 2,24 | 2,25 |
| F_3 | 40,20 | 40,20 | 40,21 | 40,20 | 40,20 | 40,21 |

Отже, для зеленої зони заводу Титано-магнієвий та Вогнетрив найкращі варіанти доповнення деревостану викладені в планах 3, 5, 6; Абразивний та Запоріжсталь – 3, 4, 5; Феросплавний – 2, 6, 3; Алюмінієвий – 5 та 6; Укрграфіт – 2, 5; Трансформаторний – 1, 2, 3.

Таким чином, листки деревних рослин СЗЗ характеризуються видовою специфікою поглинання аеротехногенних поллютантів: сполук сірки, фтору, хлору і фенолів, що робить їх нерівнозначними в оздоровленні атмосферного повітря. Показники їх акумуляції визначаються кількісним переважанням тих чи інших інгредієнтів промислових викидів. Визначено види рослин, які можна використовувати як фітоіндикатори забруднення довкілля фенолами та сполуками сірки, фтору, хлору. Найбільш високий коефіцієнт відносного накопичення фенольних сполук листками виявлено у таких видів рослин *Betula pendula*, *Catalpa bignonioides*, *Elaeagnus angustifolia*, *Ailanthus altissima*, *Populus simonii*, *Acer negundo*, *Ulmus laevis* та *Fraxinus lanceolata*, сірки – *Betula pendula*, *Populus nigra*, *Populus alba*, *Fraxinus lanceolata*, *Robinia pseudoacacia*, *Tilia cordata*, фтору – *Catalpa bignonioides*, *Ailanthus altissima*, *Populus nigra*, *Platanus orientalis*, *Tilia cordata*, *Acer platanoides*, хлору – *Catalpa bignonioides*, *Acer negundo* та *Robinia pseudoacacia*, *Juglans regia*, *Populus alba*. Саме ці види рослини можна використовувати як інформативні фітоіндикатори забруднення повітря цими поллютантами.

Максимальну кількість сірки накопичують листки *Betula pendula*, *Tilia cordata*, *Salix alba*, *Robinia pseudoacacia*, *Populus alba*, *Populus simonii*, *Populus nigra*, хлору – *Acer negundo*, *Acer platanoides*, *Ailanthus altissima*, *Armeniaca vulgaris*, *Fraxinus lanceolata*, *Robinia pseudoacacia*, *Tilia cordata*, фенолів – *Ailanthus altissima*, *Betula pendula*, *Juglans regia*, *Populus alba*, *Populus nigra*, *Populus pyramidalis*, *Populus simonii*, *Elaeagnus angustifolia*, фтору – *Catalpa bignonioides*, *Ailanthus altissima*, *Acer platanoides*, *Populus nigra*, *Armeniaca vulgaris*, *Tilia cordata*, *Acer pseudoplatanus*, *Platanus orientalis*.

Змодельовано компромісні плани досадження рослин та заміни сухостою деревними породами санітарно-захисних насаджень підприємств з врахуванням газопоглинальної здатності листків різних видів рослин. Їх втілення сприятиме поліпшенню повітроочисної ролі деревостанів СЗЗ даних підприємств. З урахуванням доповнення насаджень згідно компромісних планів розраховані додаткові кількості поглинання аерополлютантів через рік та через десять років.

Висновки до розділу

1. Накопичення сірки, хлору й фтору в листках деревних рослин, що зростають в умовах забруднення атмосферного повітря цими токсикантами, відбувається протягом всієї вегетації, найінтенсивніше молодими листками, що закінчили ріст. Феноли – найактивніше акумулюються листками в період їх активного росту. Максимальна кількість поллютантів виявлена в кінці вегетаційного періоду.

2. Концентрація певного забруднювача (сполуки хлору, фтору, сірки та фенолів) в листках деревних рослин СЗЗ тим більша, чим вищий рівень його викидів в атмосферу даним підприємством, але ступінь збільшення вмісту поллютанта в листках рослин різних захисних насаджень не пропорційна кількісним показникам надходження його в повітря.

3. Найінформативнішими фітоіндикаторами забруднення повітря сполуками сірки є листки деревних рослин – *Betula pendula*, *Populus nigra*, *Populus alba*, хлору – *Catalpa bignonioides*, *Acer negundo* та *Robinia pseudoacacia*, фенольних сполук – *Betula pendula*, *Catalpa bignonioides*, *Elaeagnus angustifolia*, фтору – *Catalpa bignonioides*, *Ailanthus altissima*, *Populus nigra*

4. Здійснено ранжування заводів за рівнем акумуляції кожного з аерополлютантів (сполуки сірки, хлору, фенолів та фтору) у листках деревних рослин СЗЗ, а отже і за ступенем забруднення атмосферного повітря. Розташування заводів у ряду для кожного повітряного поллютанта неоднакове.

5. Максимальну кількість сірки в листках накопичують – *Betula pendula*, *Tilia cordata*, *Robinia pseudoacacia*, хлору – *Acer negundo*, *Acer platanoides*, *Ailanthus altissima*, фенолів – *Ailanthus altissima*, *Betula pendula*, *Juglans regia*, фтору – *Catalpa bignonioides*, *Ailanthus altissima*, *Acer platanoides*.

6. Оптимальні варіанти компромісних планів за видовим складом рослин та їх кількісним співвідношення для досліджуваних насаджень СЗЗ підприємств різняться. Обрано найкращі з них для СЗЗ кожного з обстежених заводів.

Перелік посилань за матеріалами розділу: [15, 24, 35, 36, 37, 54, 59, 69, 79, 84, 88, 114, 129, 130, 135, 152, 167, 168, 170, 175, 187, 195, 200, 207, 210, 229,

231, 235, 236, 257, 258, 259, 260, 261, 263, 265, 264, 266, 273, 285, 286, 287, 289, 290, 291, 300, 322, 337, 348, 362, 364, 375, 399, 414, 415, 428, 439, 442, 453, 456, 457, 458, 469, 481, 501, 515, 520].

ВИСНОВКИ

1. У зелених насадженнях СЗЗ промислових підприємств міста Запоріжжя зростає 49 видів деревних рослин. Їх кількість у лісосмугах різних підприємств суттєво відрізняється і змінюється від 11 (Склофлюс) до 30 (Запоріжсталь). Всі обстежені насадження СЗЗ відносяться до конструкцій фільтруючого типу. Площа, яку вони займають відповідає нормам. У досліджуваних СЗЗ щільність насаджень варіює від 126 шт/га до 208 шт/га, що значно нижче норми. Найменший цей показник для захисних лісосмуг підприємств Склофлюс, Феросплавів та Вогнетрив, а найвищий – заводу Укрграфіт.

2. Згідно даних супутника Landsat з 1990 р. по 2000 р. на ділянках СЗЗ промислових підприємств збільшилася територія відкритого ґрунту, а щільність насаджень знизилася. З 2000 р. по 2010 р. останній показник зростає, і найбільш інтенсивний підйом спостерігається в інтервалі до 2018 року. Щільність насаджень у СЗЗ таких заводів як Вогнетрив, Титано-магнієвий, Запоріжсталь, Дніпроспецсталь підвищується переважно за рахунок заповнення території самосівом, що негативно відзначається на конструкціях СЗЗ насаджень.

3. Найпоширеніші види дерев у насадженнях СЗЗ – *Robinia pseudoacacia*, *Ailanthus altissima*, *Populus alba*, *Ulmus carpinifolia*, *Morus alba*, *Catalpa bignonioides*, *Betula pendula*, *Populus simonii*, *Populus nigra*, *Acer negundo*. З них лише *Betula pendula* та *Populus nigra* належать до аборигенних видів. *Robinia pseudoacacia* – вид, який зустрічається в кожній захисній лісосмузі.

4. Найменший ступінь подібності дендрофлори за Жаккаром і Серенсенем виявлений для зелених лісосмуг СЗЗ заводів Трансформаторний та Склофлюс. Висока ступінь подібності видового складу характерна для захисних насаджень підприємств Титано-магнієвого та Вогнетриву, а також Титано-магнієвого та Дніпроспецсталь. Це обумовлено тим, що вони створювалися в близьких часових межах (60-ті роки ХХ-ст.).

5. Найбільші значення індексів видового багатства за Маргалєфом і Шенноном виявлені для насаджень СЗЗ таких підприємств як Укрграфіт,

Трансформаторний, Запоріжсталь та Алюмінієвий, найменші – для зеленої зони заводу Склофлюс. Найвищі показники індексу домінування видів деревних рослин як за Сімпсоном, так і за Бергером-Паркером визначено у захисних лісосмугах заводів Абразивного, Склофлюс, Феросплавів, найнижчі – Укрграфіт та Трансформаторний.

6. У захисних насадженнях СЗЗ заводів Трансформаторного та Укрграфіт найвищі дерева провідних порід (*Robinia pseudoacacia*, *Ulmus carpinifolia*) – 20,1 – 26,0 м. У зелених зонах більшості підприємств їх максимальна висота 18,1 – 20,0 м. У деревостанах СЗЗ заводів Склофлюс та Коксохімічний найбільша висота рослини – 14,1 – 16,0 м, Феросплавів – 16,1 – 18,0 м. Дерев з найбільшими діаметрами стовбура зустрічаються в СЗЗ заводу Укрграфіт (до 112 см), а найменша їх максимальна величина, порівняно з захисними насадженнями інших обстежених СЗЗ, встановлена у зелених масивах заводу Дніпроспецсталь – 68,1 – 72,0 см.

7. Найбільші значення середньої висоти і діаметра властиві деревним рослинам зелених насаджень СЗЗ заводу Трансформаторний (17,8 м й 38,4 см), найменші – Коксохімічний (10,2 м й 28,4).

8. У захисному насадженні Трансформаторного заводу виявлено найбільший відсоток дерев, що віднесені до категорії життєвого стану без ознак ослаблення (20,13 % від числа рослин в лісосмузі). У СЗЗ заводів Коксохімічний, Запоріжсталь та Феросплавний кількість середньо ослаблених та сильно ослаблених деревних рослин більша порівняно з обстеженими зеленими смугами інших підприємств.

9. На основі розподілу дерев за категоріями життєвого стану виділено стійкі їх види: *Ulmus parvifolia*, *Robinia pseudoacacia*, *Ailanthus altissima*, *Morus alba*, *Ulmus carpinifolia*, *Fraxinus lanceolata*, *Ulmus laevis*, *Populus alba*, *Platanus acerifolia*, *Picea pungens*.

10. За величиною показника флуктуючої асиметрії листків найбільшого техногенного пресу зазнають рослини у СЗЗ заводів Коксохімічний, Вогнетрив,

Запоріжсталь, Дніпроспецсталь та Алюмінієвий комбінат. Для листків берези повислої, зростаючої в СЗЗ Трансформаторного заводу, ФА найменша.

11. Згідно аналізу таксаційних параметрів, чисельності рослин у різних категоріях життєвого стану, патологій стовбурів та показників ФА відносно сприятливі умови зростання деревних рослин встановлені у насадженні СЗЗ Трансформаторного заводу. Найгірші умови – в зелених масивах СЗЗ підприємств Запоріжсталь, Коксохімічний, Феросплавний, Склофлюс, Дніпроспецсталь, Абразивний. Проміжне положення займають лісосмуги СЗЗ таких заводів як Алюмінієвий, Укрграфіт, Титано-магнієвий, Вогнетрив.

12. Накопичення сірки, хлору й фтору в листках деревних рослин, що зростають в умовах забруднення атмосферного повітря цими токсикантами, відбувається протягом всієї вегетації, найінтенсивніше молодими листками, що закінчили ріст. Феноли – найактивніше акумулюються листками в період їх активного росту. Максимальна кількість полютантів виявлена в кінці вегетаційного періоду.

13. Максимальну кількість сірки в листках накопичують – *Betula pendula*, *Tilia cordata*, *Robinia pseudoacacia*, хлору – *Acer negundo*, *Acer platanoides*, *Ailanthus altissima*, фенолів – *Ailanthus altissima*, *Betula pendula*, *Juglans regia*, фтору – *Catalpa bignonioides*, *Ailanthus altissima*, *Acer platanoides*.

14. Найінформативнішими фітоіндикаторами забруднення повітря сполуками сірки за накопиченням у листках деревних рослин є – *Betula pendula*, *Populus nigra*, *Populus alba*, хлору – *Catalpa bignonioides*, *Acer negundo* та *Robinia pseudoacacia*, фенольних сполук – *Betula pendula*, *Catalpa bignonioides*, *Elaeagnus angustifolia*, фтору – *Catalpa bignonioides*, *Ailanthus altissima*, *Populus nigra*

РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Щільність насаджень СЗЗ не відповідає нормам посадки дерев та кущів у СЗЗ (вимоги 500–600 шт/га). Для збільшення цього показника в захисних лісосмугах рекомендуємо висадити стійкі до аерополіутантів породи дерев (*Ailanthus altissima*, *Robinia pseudoacacia*, *Ulmus parvifolia*, *Ulmus carpinifolia*, *Populus simonii*, *Populus alba*, *Sophora japonica*, *Quercus robur*, *Fraxinus lanceolata*, *Platanus acerifolia*) та кущі (*Juniperus communis*, *Evonymus europaea*, *Ligustrum vulgare*, *Cornus alba*, *Rosa canina*), останні в кількості не більше 10 % від числа дерев в насадженні.

2. Розроблено моделі компромісних планів з досадження рослин та заміни сухостою деревними породами у санітарно-захисних насадженнях промислових підприємств. З 6 варіантів для кожного заводу обрано два-три оптимальних. Втілення найкращих варіантів компромісних планів у зелених лісосмугах СЗЗ заводів сприятиме поліпшенню повітроочисної ролі деревних насаджень. Розраховано кількість аерополіутантів яка буде додатково акумулювала листками рослин, що досаджуватимуться згідно рекомендованим варіантам.

3. З урахуванням газопоглинальної здатності листків деревних рослин у СЗЗ підприємств де пріоритетними забруднювачами є хлор, рекомендується висаджувати – *Acer platanoides*, *Ailanthus altissima*, *Acer negundo*, *Fraxinus lanceolata*, *Robinia pseudoacacia*, сірка – *Robinia pseudoacacia*, *Populus alba*, *Populus simonii*, *Populus nigra*, *Betula pendula*, *Tilia cordata*, *Salix alba*, фенолів – *Ailanthus altissima*, *Betula pendula*, *Populus alba*, *Populus nigra*, *Populus pyramidalis*, *Populus simonii*, *Elaeagnus angustifolia*, фтору – *Catalpa bignonioides*, *Ailanthus altissima*, *Acer platanoides*, *Populus nigra*, *Tilia cordata*, *Acer pseudoplatanus*, *Platanus orientalis*.

Список використаних джерел:

1. Авдеева, Е. В., & Панов, А. И. (2017). Биоиндикация урбоэкосистем по морфологическим признакам хвойных растений. *Хвойные бореальной зоны. Биология и экология, лесное хозяйство*, 35(1-2), 7-14.
2. Авдеева, Е. В., Надемянов, В. Ф., & Шмарин, Н. В. (2016). Воздействие техногенных факторов урбосреды на зеленые насаждения (на примере г. Красноярск). *International scientific journal*, 1(1), 68-70.
3. Авдеева, Е. В., Вагнер, Е. А., & Черникова, К. В. (2016). Дендроиндикация экологического состояния урбанизированных территорий. *Хвойные бореальной зоны. Биология и экология, лесное хозяйство*, 37(5-6), 274-280.
4. Авдеева, Е. В. (2007). *Рост и индикаторная роль древесных растений в урбанизированной среде*. Красноярск: СибГТУ.
5. Авдеева, Е. В. (2008). Специфика роста древесных растений в условиях городской среды. *Вестник КрасГАУ*, 4, 182-186.
6. Алексеев, В. А. (1989). Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоя. *Лесоводство*, 4, 51-57.
7. Алексеев, В. А. (1990). *Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение*. Л.: Наука.
8. Алексеева, Т. М. (2014). Біоіндикація як метод екологічної оцінки стану природного навколишнього середовища. *Вісник КрНУ імені М. Остроградського*, 2/2014 (85), 166-171.
9. Алексеева, Т. М. (2014). Ґрунтово-рослинний покрив як показник забруднення атмосферного повітря важкими металами. *Український гідрометеорологічний журнал*, 14, 16-22.
10. Антипов, В. Г. (1957). Влияние дыма и газа, выбрасываемых промышленными предприятиями, на сезонное развитие деревьев и кустарников. *Ботанический журнал*, 1, 27-36.
11. Антипов, В. Г. (1979). *Устойчивость древесных растений к промышленным газам*. Минск: Наука и техника.

12. Армолайтис, К., & Вайчис М. (1986). К вопросу оценки газоустойчивости и жизнеспособности древесных растений в зоне влияния заводов азотных удобрений. *Мониторинг лесных экосистем. Каунас*, 21-23.
13. Артаманов, В.И. (1986). *Растения и чистота природной среды*. Москва: Наукова думка.
14. Атаманюк, Ю. А., & Костюченко, Л. Л. (1981). *Озеленение санитарно-защитных зон*. Киев: Будівельник.
15. Байцим, А. І., Талах, М. В, & Стратій, В. І. (2016). Використання нормального вегетаційного індексу для моніторингу стану рослинного покриву НПП «Вижницький» на основі даних супутникової зйомки. *Молодий вчений*, 5 (32), 208-213.
16. Барахтенова, Л. А., & Николаевский, В. С. (1988). *Влияние сернистого газа на фотосинтез растений*. Новосибирск: Наука.
17. Барахтенова, Л. А. (1995). Воздушные поллютанты и обмен серы у сосны обыкновенной, пороговые концентрации, эффекты защиты. *Сибирский экологический журнал*, 6, 478-494.
18. Бардиш Б., & Бурштинська, Х. (2014). Використання вегетаційних індексів для ідентифікації об'єктів Земної поверхні. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*, II (28), 82-88.
19. Баскакова, Л. В., Кравченко, Н. Б., & Сафонова, О. О. (2017). Вплив діяльності Новокраматорського машинобудівного заводу на навколишнє природне середовище. *Вісник ХНУ імені В. Н. Каразіна, Серія Екологія*, 17, 89-98.
20. Бахитова, Л. М., & Пашин, Ю. В. (1982). Модификация мутагенной и канцерогенной активности химических загрязнителей. *Успехи современной генетики*, 10, 131-142.
21. Баштаннік, М. П., Жемера, Н. С., Кіптенко, Є. М., & Козленко Т. В. (2014). Стан забруднення атмосферного повітря над територією України. *Моніторинг і стан довкілля. Наукові праці УкрНДГМІ*, 266, 70-93.

22. Беланова, А. П., Банаев, Е. В., Томошевич, М. А., & Чиндяева, Л. Н. (2016). Состояние древесных растений в разных экологических зонах сибирского города. *Известия Самарского научного центра РАН*, 292-296.

23. Белоконь, К. В. (2015). Повышение экологической безопасности предприятий электродного производства путём каталитического обезвреживания газовых выбросов. *Вестник ХНАДУ*, 70, 42-49.

24. Беляева, Ю. В. (2014). Показатели флуктуирующей асимметрии *Betula pendula* Roth. В естественных и антропогенных условиях Тольятти. *Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии*, 3, 167-174.

25. Беляев, И. Я., Иванкшева, М. Ю., & Акифьев, А. П. (1987). Репродукция во втором ядерном цикле хроматидных аберраций, индуцированных в клетках *Crepis capillaris* нейтронами и 5-фтор-2дезоксисуридином. *ДАН СССР*, 252(1), 227-230.

26. Бессонова, В. П., & Яковлева-носарь, С. О. (1999). Активность хлорофиллазы и перекислого окисления липидов в листьях декоративных цветочных растений в условиях избытка хрома в среде выращивания. *Физиология и биохимия культурных растений*, 31(5), 387-391. 89-90.

27. Бессонова, В. П., & Юсыпова, Т. Ю. (1998). Влияние загрязнения природной среды на плодоношение древесных растений. *Лесное хоз-во*, 2, 29-40.

28. Бессонова, В. П., & Лыженко, И. И. (1991). Влияние загрязнения среды на прорастание и физиологическое состояние пыльцы некоторых древесных растений. *Ботанический журнал*, 76(3), 422-426.

29. Бессонова, В. П. (1992). Влияние тяжелых металлов и полистимулина К на антиоксидантную систему клеток листьев чины душистой. *Физиология и биохимия культурных растений*, 24(2), 147-153.

30. Бессонова, В. П. (1992). Влияние тяжелых металлов на антиоксидантную систему листьев сеянцев *Ligustrum vulgare* L. и *Syringa vulgaris* L. *Научн. Докл. Высшей школы. Биологические науки*, 8(344), 136-142.

31. Бессонова, В. П. (2006). *Влияние тяжелых металлов на фотосинтез*. Днепропетровск: ДДАУ.

32. Бессонова, В. П., & Зайцева, І. А. (2008). Вміст важких металів у листі дерев і чагарників в умовах техногенного забруднення різного походження. *Питання біоіндикації та екології*, 13(2), 62-77.

33. Бессонова, В. П., & Лыженко, И. И. (1990). Динамика некоторых макроэлементов в листьях древесных растений, произрастающих в условиях металлургических предприятий. *Вопросы лесной биогеоценологии, экологии и охраны природы в степной зоне*, 107-115.

34. Бессонова, В. П., & Криворучко, А. П. (2017). Зміна показників структури однорічного пагона *Quercus rubra* в умовах антропогенного навантаження. *Biosystems Diversity*, 3, 191-196. doi:10.15421/011729

35. Бессонова, В. П. (1999). Индикация загрязнения окружающей среды по их накоплению в растениях. *Питання біоіндикації та екології*, 4, 11-21.

36. Бессонова, В. П., Грицай, З. В., & Юсыпыва, Ю. И., (1996). Использование цитогенетических критериев для оценки мутагенности промышленных поллютантов. *Цитология и генетика*, 30(5), 70-76.

37. Бессонова, В. П., Фендюк, Л. М., & Пересипкіна, Т. М. (1996). Можливості використання декоративних квіткових рослин для фітоіндикації забруднення навколишнього середовища. Вміст зелених пігментів. *Український ботанічний журнал*, 53(2), 319-324.

38. Бессонова, В. П. (1991). *Морфофункциональные исследования растений в условиях загрязнения среды тяжелыми металлами*. (Автореф. дис. канд. биол. наук).

39. Бессонова, В. П., & Лыженко, И. И. (1990). Перекисное окисление липидов в вегетативных и генеративных органах растений – показатель загрязнения среды тяжелыми металлами. *Экологические проблемы охраны живой природы*, 2, 46-47.

40. Бессонова, В. П., & Криворучко, А. П. (2017). Показники анатомічної структури листків дуба червоного (*Quercus rubra* L.) в урботехногенних умовах. *Вісник Львів. ун-ту. Серія Біологія*, 76, 29-37.

41. Бессонова, В. П., & Пономарьова, О. А. (2016). Порівняльна оцінка життєвого стану інтродукованих і аборигенних деревних рослин приміагістральної лісосмуги траси Дніпропетровськ-Донецьк. *Інтродукція рослин*, 4, 65-72.
42. Бессонова, В. П., & Юсипова, Т. И. (2001). Семенное возобновление древесных растений и промышленные полелютанты (SO₂ и NO₂). Запорожье: ЗГУ.
43. Бессонова, В. П. (1992). Состояние пыльцы как показатель загрязнения среды тяжелыми металлами. *Экология*, 4, 45-50.
44. Бессонова, В. П., & Яковлева-Носарь, С. О. (2004). Стан асиміляційного апарату і нетто-фотосинтез віргінільних деревних рослин за умов пріоритетного забруднення хлористими сполуками. *Проблемы экологии и охраны природы*, 4, 157-162.
45. Бессонова, В. П., & Яковлева Носарь, С. О. (2014). *Фізіологія рослин*. Дніпропетровськ: «Свідлер А.Л.».
46. Бессонова, В. П. (1999). *Цитофизиологические эффекты воздействия тяжелых металлов на рост и развитие растений*. Запорожье: Запорож. гос. Ун.
47. Бессонова, В. П., & Іванченко, О. Є. (2013). Шкала стійкості декоративних деревних рослин до інгредієнтів викидів підприємства чорної металургії. Рослини та урбанізація. Дніпропетровськ: ТОВ ТВГ «Куниця», 84–87.
48. Бессонова, В. П. (1993). Эффективность осаждения пылевых частиц листьями древесных и кустарниковых растений. Вопросы защиты природной среды и охраны труда в промышленности. Сборник научных трудов, Дніпропетровськ: Видавництво ДДУ, 34-37.
49. Бєлоконь, К. В., & Яскевич, Я. О. (2017). *Аналіз екологічної безпеки викидів, що містять оксид вуглецю і вуглеводні, промислових підприємств*. Збірник тез доповідей І-го спеціалізованого міжнародного Запорізького екологічного форуму. Запоріжжя : Запорізька торгово-промислова палата.
50. Бєлоконь, К. В. (2018). Дослідження впливу викилів промислових підприємств на забруднення атмосферного повітря в заводському районі м. Запоріжжя. *Хімічні технології та інженерія. Біотехнології та біоінженерія. Екологія*, 2(33), 91-96. doi:10.31319/2519-2884.33.2018.206

51. Белоконь, К. В., Манідіна, Є. А., & Куранова, Я. О. (2018). Дослідження впливу викидів металургійних підприємств на забруднення атмосферного повітря м. Запоріжжя. *Металургія*, 1(39), 136-140.

52. Битюцкий, Н. П. (2014). *Минеральное питание растений*. СПб.: Изд-во. С. Петербурга университета.

53. Брагина, О. М., Власова, Н. В., Кавеленова, Л. М., Манжос, М. В., Хабибуллина, Л. Р., & Моисеева, Т. В. (2015). Об особенностях участия древесных растений в формировании комплекса аэрозольных загрязнителей воздуха урбосреды. *Известия Самарского научного центра РАН*, 5-2, 563-569.

54. Братков, В. В., Кравченко, И. В., Туаев, Г. А., Атаев, З. В., & Абдулжалимов, А. А. (2016). Применение вегетационных индексов для картографирования ландшафтов Большого Кавказа. *Известия ДГПУ. Серия Естественные и точные науки*, 10(4), 97-111.

55. Букша, И. Ф., Волкова, Р. Е., Пастернак, В. П., Пивовар, Т. С., & Яроцкий В. Ю. (2014). Методические подходы к оценке биоразнообразия лесов на примере дубрав лесостепи Харьковской области. *БелГУ, Серия Естественные науки*, 27(10), 24-33.

56. Бухарина, И. Л., Кузьмин, П. А., & Гибадулина, И. И. (2013). Анализ содержания фотосинтетических пигментов в листьях древесных растений в условиях городской среды (на примере г. Набережные Челны). *Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле*, 1, 20-25.

57. Бухарина, И. Л. (2008). Эколого-биологические особенности адаптации древесных растений в условиях урбосреды. *Известия Самарского научного центра РАН*, 2, 607-612.

58. Бухарина, И. Л., Поварнищина, Т. М., & Ведерников, К. М. (2007). *Эколого-биологические особенности древесных растений в урбанизированной среде*. Ижевск: ИжГСХА.

59. Буцяк, А. А., Буцяк, В. І., & Музіка, Л. І. (2018). Використання рослин біоіндикаторів для оцінки стану атмосферного повітря в зоні діяльності Добротвірської ТЕС. *Науковий вісник Львівського національного університету*

ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького, 89, 122-126.
doi:10.32718/nvlvet8922

60. Васильева, С. В., & Черикова, Ф. А. (2008). Рост и состояние древесных растений в городских условиях. *Фундаментальные и прикладные проблемы ботаники в начале XXI века.* (С. 194-196). Петрозаводск: Карельский научный центр,.

61. Васфилов, С. П. (2013). Динамика содержания серы в листьях березы в ходе вегетации в условиях загрязнения воздуха. *Вестник Тюменского государственного университета*, 12, 103-111.

62. Васькін, Р. А., & Васькіна, І. В. (2009). Аналіз динаміки забруднення атмосферного повітря України викидами автотранспорту. *Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського*, 5/2009(58), 109-112.

63. Вергун, О. А., Пушкаренко, М. В., Алексеенко, А. Р. (2015). Анализ влияния сталеплавильного производства в Украине на окружающую среду. *Металознавство та термічна обробка металів*, 4, 57-61.

64. Веселова, Т. В., Веселовский, В. А., Чернавский, Д. С. (1993). *Стресс у растений.* Москва: МГУ.

65. Ветчинникова, Л. В., Кузнецова, Т. Ю., & Титов, А. Ф. (2013). Особенности накопления тяжелых металлов в листьях древесными растениями на урбанизированных территориях в условиях Севера. *Труды Карельского научного центра РАН*, 3, 68-73.

66. Войко, Н. Ю., Добровольская, О. Ю. (2017). Роль зеленых насаждений в організації комфортного міського середовища. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*, 47, 231-237.

67. Высоцкий, С. П., Столярова, Н. А., Фаткулина, А. В., Широких, К. С. (2012). Пути снижения влияния автотранспорта на окружающую среду. *Вісті Автомобільно-дорожнього інституту*, 1(14), 139-145.

68. Гаврилин, И. И. (2011). Некоторые особенности назопоглотительной способности деревьев в урбоэкосистеме г. Братска. *Вестний КрасГАУ*, 5, 219-224.

69. Гаврикова, В. С. (2014.) Скринінг видів клена (*Acer*) як тест-об'єктів для

оцінювання ступеня забруднення навколишнього середовища. *Науковий вісник НЛТУ України*, 6, 70-73.

70. Галямова, Г. К. (2013). Zn, Cu, Pb в хвое *Picea obovata* Ledeb. в условиях градиентного аэротехногенного загрязнения Риддерского цинкового завода. *Вестник ТГТУ*, 8(136), 212-216

71. Ганаба, Д. В. (2015). Пилове навантаження на деревні насадження міста Хмельницького. *Вісник Черкаського університету. Серія: Біологічні науки*, 19, 55-60.

72. Гатин, И. М., Музафарова, А. А., & Кулагин, А. А. (2006). Характеристика возобновительного потенциала древесных растений на техногенных территориях. *Вестник Башкирск. ун-та*, 4, 46-47.

73. Гелеш, А. Б., & Яворський, В. (2016). Моніторинг газових викидів печей прожарювання пасти метатитанової кислоти. *Technology audit and production reserves*, 2/4(28), 74-80.

74. Гетко, Н. В. (1972). *Газоустойчивость и газопоглотительная способность растений в условиях Белоруссии*. (Автореф. дис. канд. биол. наук.). Минск.

75. Гетко, Н. В. (1989). *Растения в техногенной среде*. Минск: Наука и техника.

76. Гиниятуллин, Р. Х. (2009). Содержание металлов в органах лиственницы Сукачева (*Larix sukaczewii* Dyl.) в условиях полиметаллического загрязнения окружающей среды (Стерлитамакский промышленный центр, Предуралье). *Аграрный вестник урала*, 12(66), 104-106.

77. Гиниятуллин, Р. Х. (2010). Средочищающие функции тополя бальзамического и березы повислой в условиях промышленного загрязнения. *Вестник МГУЛ. Лесной вестник*, 5, 10-14.

78. Гиниятуллин, Р. Х. (2008). Роль лиственницы Сукачева в условиях промышленного загрязнения. *Вестник МГУЛ. Лесной вестник*, 4, 4-8.

79. Глухов, А. З., Штирц, Ю. А., Демкович, А. Е., & Жуков, С. П. (2011). Оценка проявления флуктуирующей асимметрии билатеральных признаков листовой

пластинки *Acer pseudoplatanus* L. в условиях придорожных экосистем промышленного города (на примере гю Донецка). *Промышленная ботаника*, 11, 90-96.

80. Глушко, А. П., Гринь, Н. В., & Соловьев, В. А. (1977). Об особенностях мероприятий по охране атмосферного воздуха в районе действия выбросов промышленных предприятий Донецка. *Гигиена и санитария*, 9, 87-89.

81. Голубева, Е. И. (1999). *Диагностика состояния экосистем в сфере антропогенного воздействия*. (Автор. Дис. докт. биол. наук.). Москва: Институт проблем экологии и эволюции им А.Н. Северцова.

82. Гнатів, П. С. (2014). *Функціональна діагностика в дендрології*. Львів: Камула.

83. Гомонай, В. І., Лобко, В. Ю., Богоста, А. С., Ходаковський, В. С., & Кляп, А. В. (2009). Вплив природи пального на склад вихлопних газів автомобілів. *Вісник УжНУ. Серія Хімія*, 21, 54-59.

84. Гопп, Н. В., & Смирнов, В. В. (2009). Использование вегетационного индекса (NDVI) для оценки запасов надземной фитомассы тундровых сообществ растений. *Интерэкспо Гео-Сибир*, 1, 1-6.

85. Гордеев Ю. А., & Кулагин А. А. (2014). Шумозащитные свойства зеленых насаждений на урбанизированных территориях. Вестник Удмуртского университета. *Серия Биология. Науки о Земле*, 1, 7-13.

86. Горейко, В. А. (1996). *Теория и практика защитного лесоразведения в условиях степного Приднепровья*. Днепропетровск: Пором.

87. Горохова, В. А., Тубольцев, Л. Г., Корченко, В. П., & Падун, Н. И. (2009). Проблемы модернизации производства и экологическая ситуация в черной металлургии Украины. *Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии: Сб. научн. тр. Дніпропетровськ.: ІСМ НАН України*, 20, 358-368.

88. Грехнев, Н. И., Липина, Л. Н., & Усиков, В. И. (2015). К вопросу оценки экологического риска с использованием метода дистанционного зондирования земли. *ГИАБ*, 12, 302-307.

89. Гребняк, Н. П., & Федорченко, Р. А. (2015). Донозологическая диагностика болезней органов дыхания у жителей мегаполиса металлургического профиля. *МНО "Inter-Medical", Медицинские науки*, 4(10), 25-29.
90. Гринь, Н. В., Кривошей, В. А., Хопахбеев, В. И., & Макогопов, В. О. (1970). Тушение кокса фенолсодержащими сточными водами на Макеевском коксохимическом заводе. *Гигиена населенных мест*, 8, 8-12.
91. Грицай, З. В., & Денисенко, О. Г. (2011). Насіннева продукція деревних рослин в умовах забруднення довкілля викидами металургійного підприємства. *Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія*, 19, 2, 40-44.
92. Гришко, В. М., & Зубровська, О. М. (2015). Накопичення важких металів та перебіг вільнорадикальних реакцій в асиміляційних органах деревних рослин в умовах забруднення. *Физиология растения и генетика*, 47(1), 47-57.
93. Гришко, В. М., & Піскова, О. М. (2014). Особливості акумуляції важких металів у листках деревних рослин при аерогенному забрудненні екотопів. *Інтродукція рослин*, 1, 93-100.
94. Гришко, В. М., & Демура, Т. А. (2009). Перебіг процесів окислення ліпідів та роль аскорбінової кислоти у формуванні адаптаційного синдрому рослин за сумісної дії кадмію і нікелю. *Доповіді національної академії наук України*, 2, 154-162.
95. Гришко, В. Н., & Сыщиков, Д. В. (2012). *Функционирование антиоксидантной системы и устойчивость растений при действии тяжелых металлов и фтора*. Київ, Наукова думка.
96. Гром, М. М. (2007). Лісова таксація. Львів: РВВ НЛТУ України.
97. Гудериан, Р. (1979). *Загрязнение воздушной среды*. Москва.
98. Даценко, Л. М., & Непша, О. В. (2004). Еколого-агрономічний стан ґрунтів Запорізької області. *Соціально-економічні проблеми сталого розвитку українського суспільства: збірник тез доповідей учасників Міжнародної науково-практичної конференції (Мелітополь, 13 травня 2004 р.)*. (с. 50-51). Мелітополь: НКПГУ «ЗІДМУ».

99. Даценко, Л. М., Молодиченко, В.В., & Непша, О. В. (2014.). *Північно-Західне Приазов'я: геологія, геоморфологія, геолого-геоморфологічні процеси, геоекологічний стан*. Мелітополь: Вид-во МДПУ ім. Б. Хмельницького.
100. Даценко, Л. М., Молодиченко, В. В., & Воровка, В. П. (2014). *Фізична географія Запорізької області*. Мелітополь: Вид-во МДПУ ім. Б. Хмельницького.
101. Денисова, Е. С. (2014). Использование ивы белой в озеленении санитарно-защитных зон Западной Сибири. *Омский научный вестник*, 2(134), 199-203.
102. Деслер, Х. Г. (1981). *Влияние загрязнений на растительность*. М.: Лесная промышленность.
103. Диярова, Э. Р., Гиниятуллин, Р. Х., & Кулагин, А. А. (2009). Содержание металлов в древесных растениях, произрастающих на отвалах Учалинского горно-обогатительного комбината Республики Башкортостан. *Вестник ОГУ*, 6, 118-120.
104. Доброчаева, Д. Н., Котов, М. И., & Прокудин, Ю. Н. и др. (1987.) *Определитель высших растений Украины*. Киев: Наукова думка.
105. Долгова, Л. Г., & Козюкіна, Ж. Г. (1972). До питання про біологічне очищення атмосфери в умовах коксохімічного підприємства. *Укр. Бот. Журн*, 29(2), 171-175.
106. Долина, Л. Ф., Козачина, В. А., & Пристинський, В. В. (2013). Моніторинг забруднення атмосферного повітря бенз(а)піреном та вуглеводнем. *Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті*, 6, 91-97.
107. Дончева, А. В. (1978). *Ландшафт в зоне воздействия промышленности*. Москва.
108. Дружинін, М. А. & Плешкановська, А. М. (2014). Проблеми формування санітарно-захисних зон в плануванні міста. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*, 35, 237-341.
109. Дубин, Р. Б. Левусь, Т. М. & Фітак, М. М. (2016). Стан вуличних насаджень центральної частини міста Хмельницького. *Науковий вісник НЛТУ України*, 26(1), 41-45.

110. Дуршимидзе, С. В. (1977). Метаболизм некоторых загрязнителей атмосферного воздуха в растениях. Тбилиси: Мецниереба.
111. Дуршимидзе, С. В. (1975). Розщепление ароматического кольца некоторых экзогенных соединений в растениях. Тбилиси.
112. Дячок, В. В. Захарко, Я. М. & Попович О. Р. (2013). Дослідження впливу підприємства з виробництва оздоблювальних будівельних матеріалів на стан довкілля. *Теорія та практика виробництва*, 755, 131-134.
113. Дячок, О. М., & Дячок, В. Ю. (2010). Санітарно-гігієнічна роль зелених насаджень у ландшафтному просторі. *Наукові записки. Серія: Мистецтвознавство*, 1, 218-221.
114. Евдокимов, С. И., & Михалап, С. Г. (2015). Определение физического смысла комбинации каналов снимков Landsat для мониторинга состояния наземных и водных экосистем. *Вестник Псковского государственного университета. Серия «Естественные и физико-математические науки»*, 7, 21-32.
115. Егорова, Н. Н., & Кулагин, А. А. (2008). Анатомические и морфологические особенности ассимиляционного аппарата и проводящих корней древесных растений в экстремальных лесорастительных условиях. *Самарская Лука*, 17, 1(23), 3-26.
116. Екологічний паспорт Запорізької області. (2018).
117. Екологічний паспорт м. Запоріжжя. (2016).
118. Жицька, Л. І. (2013). Дослідження вмісту важких металів у елементах середовища урбоекосистем міста Черкаси. *Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія Біологія*, 5, 218-223.
119. Жумадилова, А. Ж. (2014). Пылеудерживающая способность древесных и кустарниковых растений. *Новости науки Казахстана*, 2(120), 38-48.
120. Зав'язова, Л. В. (2017). Види інвазійних рослин, небезпечні для природного фіторізноманіття об'єктів природно-заповідного фонду України. *Біологічні системи*, 9(1), 87-107.
121. Загороднов, С. Ю., Кокоулина, А. А., & Попова, Е. В. (2015). Изучение компонентного и дисперсного состава пылевых выбросов предприятий

металлургического комплекса для задач оценки экспозиции населения. *Известия Самарского научного центра РАН*, 17(5-2), 451-456.

122. Задорожная, Д. В. (2013). Интегральная оценка жизнеспособности *Platanus × acerifolia* (Aiton) Willd. в городских насаждениях. *Промышленная ботаника*, 13, 136-142.

123. Зайцева, Н. В., Май, И. В., Макс, А. А., & Загороднов, С. Ю. (2013). Анализ дисперсного и компонентного состава пыли для оценки экспозиции населения в зонах влияния выбросов промышленных стационарных источников. *Гигиена и санитария*, 5, 19-23.

124. Закон України “Про охорону атмосферного повітря” Дата набуття чинності: 17 листопада 1992 року. [Електронний ресурс: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2707-12>].

125. Замков, Г. Е., Маслов, С. А., & Рубайло, В. Л. (1991). *Кислотные дожди и окружающая среда*. Москва: Химия.

126. Запрометов, М. Н. (1959). О способностях к расщеплению бензольного кольца у высших растений. Глубокое окисление С₁₄ катехинов в побегах чая. *Докл. АН СССР*, 125(1), 1359-1362.

127. Захаров, В. М., Чубинишвили, А. Т., & Дмитриев, С. Г. и др. (2000). *Здоровье среды: практика оценки*. Москва.

128. Зиятдинова, К. З., Уразгильдин, Р. В., & Денисова, А. В. (2012). Морфология листьев и побегов дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) в условиях загрязнения окружающей среды на примере Уфимского промышленного центра. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*, 14, 1(6), 1466-1469.

129. Зорина, А. А. (2014). Формирование флуктуирующей асимметрии в процессе индивидуального развития *Betula pendula*. *Принципы экологии*, 4 (12), 31-52. doi: 10.15393/j1.art.2014.3901

130. Ибрагимова, Э. Э. (2010). Влияние техногенного химического загрязнения на величину флуктуирующей асимметрии листовой алвстинки *Armeniaca vulgaris* L. *Ученые записки Таврического национального университета им В.И.*

Вернадского. Серия Биология. Химия, 23(62), 3, 62-67.

131. Ибрагимова, А. Х., Гиниятуллин, Р. Х., Тагирова, О. В., & Кулагин, А. Ю. (2016). Оценка состояния древесных насаждений в селитебно-рекреационной зоне Стерлитамакского промышленного центра. *Изв. Саратов. ун-та. Сер. Химия. Биология. Экология, 2, 224-231. doi: 10.18500/1816-9775-2016-16-2-224-231*

132. Иванова, А. С., & Бечина Д. Н. (2009). Роль озеленения в снижении шума на урбанизированных территориях. *Основы рационального природопользования: материалы II Международной научно-практической конф.* (С. 178-181). Саратов: ИЦ «Наука».

133. Иванова, А. С., & Бечина, Д. Н. (2012). Экологическое обоснование зеленых насаждений в снижении шума. *Вестник Саратовского государственного технического университета, 3(63), 243-246.*

134. Иванова, В. М., & Непша О. В. (2018). Сучасний геоекологічний стан земельних ресурсів та ґрунтів Запорізької області. (с. 95-97). *Соціальні та екологічні технології: актуальні проблеми теорії та практики: матеріали X міжнар. інтернет-конф., (Мелітополь, 24-26 січня, 2018 року).* Мелітополь: ТОВ «Колор Принт».

135. Иванченко, О. Є., & Бессонова, В. П. (2016). Індикація стану деревних рослин парків м. Дніпропетровськ за морфофізіологічними показниками. *Вісник Дніпропетровського університету. Біологія, екологія. 24(1), 109-118. doi:10.15421/011613*

136. Измайлов, С. Ф. (1986). *Азотный обмен в растениях.* Москва: Наука.

137. Илькун, Г. М. (1971). *Газоустойчивость растений. Вопросы экологии и физиологии.* Киев.

138. Илькун, Г. М. (1978). *Загрязнители атмосферы и растения.* Киев: Наук. думка.

139. Илькун, Г. М., & Моргун, В. В. (1980). Поглощение и выделение ионов корнями растений в загрязненной атмосфере. *Физиология растений, 27(1), 150-156.*

140. Кавеленова, Л. М. (2002). К методологии использования городской растительности в биомониторинге условий урбосреды. *Известия Самарского научного центра РАН*, 2, 228-238.
141. Кавеленова, Л. М., Лищинская, С. Н., & Карандаева, Л. Н. (2001). Особенности сезонной динамики водорастворимых фенольных соединений в листьях березы повислой в условиях урбосреды в лесостепи (на примере Самары). *Химия растительного сырья*, 3, 91-96.
142. Какодеї, А. О. (2011). Вплив металургійного виробництва на стан навколишнього середовища Донецької області. *Теоретичні і практичні аспекти економіки та інтелектуальної власності*, 207-213.
143. Калюжний, Д. Н. (1981). Санитарная охрана атмосферного воздуха от выбросов предприятий черной металлургии. Госмедиздат, Киев.
144. Капелюш, Н. В. (2012). Вплив аерогенного забруднення на показники асиміляційного апарату деревних рослин міста Запоріжжя. *Вісник Запорізького національного університету*, 3, 111-115.
145. Капелюш, Н. В. (2011). Вплив аеротехногенного забруднення довкілля на репродуктивний розвиток представників роду *Platanus* L. *Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону*, 1(11), 66-72.
146. Капелюш, Н. В., & Бессонова, В. П. (2007). Середовищеочищувальна роль *Platanus orientalis* у насадження санітарно-гігієнічноно призначення. *Вісник Дніпропетровського університету. Біологія, екологія*, 15 (1). 59-66.
147. Капустенко, П. А., Илюнин, О. О., Перевертайло, А. Ю., Самер, & Лага. (2011). Моделирование процесса непрерывного травления листовой углеродистой стали в условиях неопределенности. *Інтегровані технології та енергозбереження*, 2, 35-44.
148. Касимов, Н. С., Романова, Э. П., & Тишков А. А. (2002). *География и мониторинг биоразнообразия*. Москва: Издательство Научного и учебно-методического центра.
149. Катц, М. (1962). Некоторые аспекты физической и химической природы атмосферных загрязнений. *Изд-во Женева, ВОЗ*, 105-170.

150. Кипоть, Н. С., Белопощенко, В. П., Некомнящая, А. С., & Стецено, Е. А. (1976). О производстве фенольных продуктов на кокохимических заводах Украины. *Кокс и химия*, 5, 31-34.

151. Киселёва, Л. Л., Парахина, Е. А., & Силаева, Ж. Г. (2016). Видовой состав и устойчивость древесных насаждений как основа экологического благополучия урбанизированной среды (на примере города Орла). *Известия Самарского научного центра РАН*, 2-3(18), 702-706.

152. Киселевская, К. Е. (2009). Применения метода дистанционного зондирования Земли для экологического мониторинга. *ГИАБ*, 1, 188-190.

153. Клименко, В. Г., & Цигічко, О. Ю. (2010). Забруднення атмосферного повітря. Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна.

154. Ковязин, В. Ф., & Беяева Н. В. (2008). Оценка биоразнообразия растений в городских экосистемах Санкт-Петербурга разной степени урбанизации. *Актуальные проблемы лесного комплекса, Брянск*, 1, 164-167.

155. Ковязин, В. Ф., & Лан, Н. Т. (2014). Оценка видового разнообразия биоценозов Санкт-Петербурга. *Известия Санкт-Петербургской Лесотехнической академии*, 209, 72-80.

156. Ковязин, В. Ф., Кан, К. Х., & Фам, Т. К. (2017). Оценка видового состава дре-весных растений в ландшафтах Павловского парка Санкт-Петербурга. *Лесной журнал*, (5), 82-91. doi: 10.17238/issn0536-1036.2017.5.82.

157. Козюкина, Ж. Т., Михайлов, О. Ф., Милян, М. Н., & Мороз, Н. И. (1980). Роль растений в биологической очистке атмосферы от летучих токсикантов. Николаевский В. С. (Под ред.), *Газоустойчивость растений*. (с. 179-180). Новосибирск: Наука.

158. Колясникова, Н. Л., Карнажицкая, Т. Д., & Паршакова, К. А. (2011). Влияние аэротехногенного загрязнения на морфологические и эмбриологические признаки сосны обыкновенной. *Вестник Удмуртского университета. Биология. Науки о Земле*, 2, 31-35.

159. Копілова, Л. В. (2013). Фолиарное поступление тяжелых металлов в древесные растения. *Вестник КрасГАУ*, 12, 126-133.

160. Коржов, М. М. (2006). Вплив діяльності гірничо-металургійного комбінату „Міттал Стіл Кривий Ріг” на природне середовище. *Геолого-мінералогічний вісник*, 2 (16), 90-93.
161. Коршиков, И. И., Котов, В. С., & Михеев, И. П. (1995). *Взаимодействие растений с техногенно загрязнённой средой*. Київ: Наук. думка.
162. Коршиков, И. И., & Медведев, В. А. (1976). Проникновение резорцина в листьях древесных растений. *Растения и промышленная среда*. (С. 92-93). Киев: Наукова думка.
163. Коршиков, И. И. (2004). Устойчивость растений к техногенным загрязнителям окружающей среды. *Промышленная ботаника*, 4, 46-57.
164. Коршиков, И. И. (1981). Фитотоксичность фенольных ингредиентов загрязнения окружающей среды. (Автор. Дис. канд. биол. наук.) Вильнюс.
165. Космачова, А. М., & Цикало, А. Л. (2014). До проблеми оптимізації санітарно-захисних зон. *Холодильна техніка та технологія*, 3(149), 64-68.
166. Костышиш, С. С., Перепелица, О. О., & Сметанюк, О. И. (2011). Особенности накопления фторидов в растениях луговых биотопов Северной Буковины. *Сибирский экологический журнал*, 6(2011), 843-849.
167. Кохан, С. С. (2011). Застосування вегетаційних індексів на основі серії космічних знімків IRS-1D LISS-III для визначення стану посівів сільськогосподарських культур. *Космічна наука і технологія*, 17(5), 58-63.
168. Кохан, С. С. (2012). Застосування вегетаційних індексів нормалізованої різниці та зваженої різниці при визначенні стану сільськогосподарських культур. *Доповіді Національної академії наук України*, 2, 135-140.
169. Кохно, М. А., & Пархоменко, Л. І. (2002). *Дендрофлора України. Дикорослі й культивовані дерева і куці. Покритонасінні частина I*. К.: Фітосоціоцентр.
170. Кочубей, С. Н., Кобец, Н. И., & Шадчина, Т. М. (1990). *Спектральные свойства растений как основа методов дистанционной диагностики*. К.: Наукова думка.

171. Коцур, Н. І. (2016). Екологічні ризики і здоров'я людини: сучасні проблеми та шляхи розв'язання. *Молодий вчений*, 9, 91-94.
172. Красинский, Н. П. (1950). *Озеленение промплощадок дымоустойчивым ассортиментом*. М.: Наука.
173. Кретович, В. Л. (1972). *Обмен азота в растениях*. Москва: Наука.
174. Кригер, Н. В., Козлов, М. А., & Баранов, Е. С. (2013). Биоиндикация урбоэкосистем по морфофизиологическим признакам хвойных древесных растений. *Вестник КрасГАУ*, 11, 166-168.
175. Крупей, К. С., Обруч, К. І., & Михайличенко, А. А. (2019). Фітоіндикація стану доквілля за ступенем пошкодження листкової пластинки *Betula pendula* Roth. *Питання біоіндикації та екології*, 24(2), 66-74.
176. Крячко, Г. Ю., Кузнецов, М. С., Полетаєв, В. П., & Семенча, С. М. (2018). Про умови доменної плавки переробного чавуну визначеної якості. *Металургія*, 9-16. doi: 10.31319/2519-2884.33.2018.189
177. Кулагин, Ю. З. (1970). Газоустойчивость древесных растений и накопление серы в листьях. *Растительность и промышленное загрязнение*, 36-41.
178. Кулагин, Ю. З. (1974). *Деревные растения и промышленная среда*, М.: Наука.
179. Кулагин, Ю. З. (1985). *Индустриальная дендрэкология и прогнозирование*. М.: Наука.
180. Кулагин, Ю. З. (1971). К методике создания зеленого фильтра. *Растения и промышленная среда*. (С. 13-15). Киев: Наукова думка.
181. Кулагин, Ю. З. (1980). *Лесообразующие виды, техногенез и прогнозирование*. М.: Наука.
182. Кулик, П. Р., & Маценко, А. Л. (1993). Ерозія ґрунтів на території Запорізької області та її наслідки. *Природа та господарство Північного Приазов'я: збірник праць співробітників природничо-географічного факультету*. (С. 153-157). Мелітополь: МДП.
183. Ларионов, М. В. (2012). Содержание тяжелых металлов в листьях городских древесных насаждений. *Вестник КрасГАУ*, 10, 71-75.

184. Левицька, О. С., & Прищепов, О. Ф. (2009). Аналіз впливу режимів роботи двигунів автомобілів та їх токсичність при експлуатації в умовах міста. *Авиационно-космическая техника и технология*, 8 (65), 107-110.
185. Левон, Ф. М. (2008). *Зелені насадження в антропогенному трансформованому середовищі*. К.: Вид-тво ННЦШФЕ.
186. Левон, Ф. М. (2014). *Зеленые насаждения в антропогенно трансформированной среде: монография*. К.: ННЦ «ИФЭ».
187. Лиджиева, Л. Ц., Уланова, С. С., & Федорова, Н. Л. (2012). Опыт применения индекса вегетации (NDVI) для определения биологической продуктивности фитоценозов аридной зоны на примере региона черные земли. *Изв. Сарат. ун-та Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология*, 94-96.
188. Литвинова, Л. И., & Леовн, Ф. М. (1986). *Зеленые насаждения и охрана окружающей среды*. К.: Здоров'я.
189. Литвинова, Л. И. (1982). Роль летучих фитонцидов растений в очищении атмосферного воздуха от некоторых токсических выбросов предприятий и автотранспорта. *Гигиена и санитария*, 4, 5-8.
190. Ліп'янін, В. А., & Стародуб, І. В (2015). Інженерна підготовка і благоустрій міських територій. Рівне.
191. Лоренс, Дж. А., & Вайнштейн, Л. Х. (1982). Влияние загрязнителей воздуха на продуктивность растений. *Взаимодействие лесных экосистем и атмосферных загрязнителей*. Таллин, 1, 132-152.
192. Лупінос, С. М., Прутцьков, Д. В., Листопад, Д. О., Беспалов, Р. І., & Воляр Р. М. (2016). Вплив вуглецевого відновника на механізм і кінетику процесів хлорної металургії. *Металургія*, 2(34), 43-47.
193. Луцишин, О. Г., Радченко, В. Г., Палапа, Н. В., & Яворовський, П. П. (2010). Макроморфологічні зміни реакції-відповіді рослинних організмів вуличних насаджень Київського мегаполісу при стресовому рівні техногенного забруднення. *Доповіді Національної академії України*, 6, 180-187.
194. Любимов, В. Б., Мельников, И. В., Мельников, Е. В., & Солдатова, В. В. (2015). Защитные функции древесно-кустарниковых растений,

широко введенных в озеленение Брянской области и их рекомендуемые типы посадок. *Вестник БГУ*, 3, 395-398.

195. Лялько, В. І., Шпортюк, З. М., Сахацький, О. І., & Сибірцева, О. М. (2008). Використання індексів червоного краю та водних індексів за гіперспектральними даними EO-1 «Hyperion» для класифікації земного покриву. *Космічна наука і технологія*, 14(3), 55-68.

196. Малащенко, В. В., Старшикова, Л. В., & Гайдученко, Е. С. (2013). Стабільність розвитку *Betula pendula* Roth. в урбоєкосистемах Гомельського Полесья. *Веснік МДПУ імя І. П. Шамякіна*, 2(39), 19-36.

197. Марченко, О. А., Воровка, В. П., & Непша, О. В. (2006). Управління ґрунтозахисними заходами, пов'язаними з ерозією ґрунтів та її попередженням, у Запорізькій області. *Інституціональні перетворення в суспільстві: світовий досвід і українська реальність: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (Мелітополь, 8-10 вересня 2006 р.)*. (С.117-118). Мелітополь: МІДМУ ГУ «ЗІДМУ».

198. Медведев, Ж. А., & Федоров, Е. А. (1956). Ассимиляция растениями сернистого ангидрида из воздуха. *Природа*, 1, 84-86.

199. Меркулова, С. В., Кочуров, Б. И., Меркулов, П. И., & Ивашкина, И. В. (2018). Озеленение как фактор улучшения экологической обстановки урбанизированных территорий на примере города Саранска. *Экология*, 3, 13-18.

200. Минакова, Е. А., Шлычков, А. П., Шайхиев, И. Г., & Биктемирова, Э. И. (2015). Оценка качества городской среды промышленного города с использованием методов фитомониторинга (на примере г. Нижнекамск). *Вестник Казанского технологического университета*, 16, 28-286.

201. Мислюк, О. О., & Шейкіна, О. Ю. (2008). Оцінка екологічної безпеки функціонування автотранспорту в умовах промислового міста. *Вісник ЖДТУ. Технічні науки*, 3(46), 1-9.

202. Михайлова, Т. А., Бережная, Н. С., & Афанасьева, и др., (2005). Воздействие фторсодержащих соединений на состояние хвойных лесов Прибалтикаля. *Лесоведения*, 2, 38-45.

203. Михайлова, Т. А., & Бережная, Н. С. (2000). Оценка состояния сосновых лесов при длительном воздействии выбросов алюминиевого завода. *География и природные ресурсы*, 1, 43-50.

204. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень ДБН 360-92** [Електронний ресурс: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/ru/v0044481-92>].

205. Мочалова, А. Д. (1975). Спектрометрический метод определения серы в растениях. *Сельское хозяйство за рубежом*, 4, 17-21.

206. Мэннинг, У. Дж., & Федер, У. А. (1985). Биомониторинг загрязнения атмосферы с помощью растений. Филиппова, Л. (Под ред.). Ленинград: Гидрометеиздат.

207. Мячина, К. В., & Малахов, Д. В. (2013). Опыт применения данных дистанционного зондирования среднего пространственного разрешения для выделения объектов нефтепромыслов в условиях техногенно модифицированного ландшафта (на примере Оренбургской области). *Известия Самарского научного центра РАН*, 3-7, 2341-2345.

208. Наказ Міністерства будівництва, архітектури та житло-комунального господарства України № 105 від 10 квітня 2006 року «Про затвердження Правил утримання зелених насаджень у населених пунктах України». [Електронний ресурс: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/z0880-06>].

209. Наказ Міністерства охорони здоров'я України. Про затвердження Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів N 173 від 19.06.96 [Електронний ресурс: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/z0379-96>].

210. Нестерова, А. Э., & Иванова, Ю. П. (2019). Разработка проекта озеленение на территории санитарно-защитной зоны предприятия, как природоохранного мероприятия. *ИВД*, 1 (52), 1-13.

211. Нестеровим, В. Г., & Бобилевим, Б. М. Объёмный метод определения веса листовой массы лесонасаждения. *Агрехимия, физиология растений, почвоведение*. 124, 293-295.

212. Николаевский, Н. С. (1979). *Биологические основы газоустойчивости растений*. Новосибирск: Наука.
213. Николаевский, В. С. (1981). Биомониторинг, его значение и роль в системе экологического мониторинга и охране окружающей среды. *Методологические и философские проблемы биологии*, 341- 354.
214. Николаевский, В. С. (1983). *Влияние промышленных газов на растительность. Региональный экологический мониторинг*. М.: Наука.
215. Николаевский, В. С., & Николаевская, Т. В. (1988). *Методика определения предельно допустимых концентраций вредных газов для растительности*. ЦБНТИлесхоза.
216. Николаевский, В. С. (1964). *Некоторые анатомо-морфологические особенности древесных растений в связи с их газоустойчивостью в условиях медеплавильной промышленности Среднего Урала*. Автор. канд.биол.наук. Свердловск.
217. Николаевский, В. С. (2002). *Экологическая оценка загрязнения среды и состояние наземных экосистем методами фитоиндикации*. Пушино.
218. Оборська, А. Е. (2010). Моделювання динаміки середньої висоти модальних деревостанів вільхи клейкої західного Полісся України. *Науковий вісник НЛТУ України*, 1, 63-67.
219. Овечкина, Е. С., & Шалхметова, Р. И. (2013). Морфометрические изменения сосны обыкновенной на территории Нижневартовского района. *Вестник Нижневартовского государственного университета, Биология*, 3, 1-10.
220. Олексійченко, Н. О., & Ліханов, А. Ф. (2016). Варіабельність морфологічних і біохімічних ознак листків рослин роду *Tilia* L. в урбосередовищі. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 14, 23-30.
221. Опритов, В. А., Пятыгин, С. С., & Ретивин, В. Г. (1991). *Биоэлектрогенез высших растений*. М.: Наука.
222. Орт, Д.Р., & Говинджи. (1987). Общее представление о преобразовании энергии. *Фотосинтез*. Говиджи (Под ред.). М. Мир, 1, 8-89.

223. Павлов, И. Н. (2005). *Древесные растения в условиях техногенного загрязнения*. Улан-Удэ: БНЦ СО РАН.
224. Павлов, И. Н. (1991). Особенности поглощения фтора в зоне распространения выбросов алюминиевого завода. *Использование и восстановление ресурсов Ангаро-Енисейского региона. Всес. научно-практ. конф.* (С. 54-56). Красноярск, Лесосибирск.
225. Павлов, И. Н. (2004). Система устойчивого озеленения крупных промышленных городов и пробоемы озеленения городов. *Альманах*, 10, 48-50.
226. Панченко, А. Ю., Тамбовцев, Г. В., & Непша, О. В. (2019). Особливості геолого-геоморфологічної будови Приазовської низовини та Приазовської височини. *Актуальные научные исследования в ISCIENCE.IN.UA «Актуальные научные исследования в современном мире»*, 3(47), 2, 95-100.
227. Парпан, В. І., & Миленка, М. М. (2009). Морфофізіологічні особливості *Populus pyramidalis* Ros. в умовах урботехногенного забруднення середовища. *Екологія та ноосферологія*, 20(1-2), 84-90.
228. Парпан, В. И., & Юхимчук, Г. В. (1984). Накопление хлора листьями древесных и кустарниковых пород в Прикарпаты. *Лесоводство и агролесомелиорация*, 68, 36-38.
229. Пашков, Д. П. (2014). Аналіз можливостей застосування космічних систем дистанційного зондування Землі для вирішення екологічних завдань. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*, 2 (15), 184-188.
230. Перепеленко, С. Д., & Алексаньян, А. К. (1983). Влияние которана и фтористого натрия на нуклеиновые кислоты и частоту хромосомных аберраций в клетках корешков хлопчатника. *Влияние мутагенов среды на сельскохозяйственные растения. Самарханд*, 27-32.
231. Петрушкович, Ю. М. (2018). Вплив промислових умов на величину флюктууючої асиметрії листкової пластинки *Betula pendula*. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія*, 1 (72), 82-89.

232. Петрушкевич, Ю. М. (2018). Насіннева продуктивність та посівні якості насіння *Betula pendula* Roth. в насадженнях Кривого Рогу. *Питання степового лісознавства та лісової рекультивациі земель*, 47, 39-47. doi: 10.15421/411805
233. Підлозний, І. В., & Патенк, В. О. (2019). Загальна характеристика ґрунтового покриву Михайлівського району Запорізької області. *Актуальные научные исследования в современном мире*, 3(47), 2, 75-79.
234. Підлозний, І. В., & Сугоняк, Я. В. (2019). Фізико-географічна характеристика території Запорізької області. *Актуальные научные исследования в современном мире*, 11 (55), 3, 61-66.
235. Пляцук, Д. Л. (2015). Проведення інтегральної експрес- оцінки якості атмосферного повітря в умовах зміни промислової інфраструктури регіону. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Экология*, 3/6 (75), 58-63. doi: 10.15587/1729-4061.2015.43753
236. Подколзин, М. М. (2011). Современное состояние и функционирование объектов озеленения в условиях техногенной нагрузки. *Научный журнал КубГАУ*, 66, 1-10.
237. Поліщук, С. З., Полторацька, В. М., & Мінков, Ю. І. (2012). Аналіз розподілу приземних концентрацій забруднюючих речовин на границі сзз коксохімічного виробництва ПАТ "Євраз дмз ім. Петровського" по даним натурних спостережень та розрахунків на ПЕОМ. *Збірник наукових праць Національного гірничого університету*, 38, 172-178.
238. Полторацкая, В. Н. (2014). Системный анализ определения степени загрязнения атмосферы выбросами вредных веществ от автотранспорта и стационарных источников коксохимического производства ПАО «Евраз дмЗ им. Петровского» на основе натурных наблюдений и данных расчетов на ЭВМ. *Вісник ПДАБА*, 3(192), 27-37.
239. Поляков, А. К., Малюгин, И. Е., Тарабрин, В. П., & Королев, В. В. (1992). *Древесные насаждения в оптимизации техногенной и рекреационной среды в Приазовье*. Київ: Наук. думка.

240. Поляков, А. К. Сулова, Е. П., & Лихацкая, Е. Н. (2007). Видовой состав и состояние древесно-кустарниковых растений на территории Авдеевского коксохимического завода. *Промышленная ботаника*, 7, 42-49.

241. Поляков, А. К., & Сулова, Е. П. (2004). Состояние древесных растений в условиях техногенного воздействия и принципы формирования устойчивых насаждений. *Промышленная ботаника*, 4, 72-78.

242. Попов, В. А. (1975). *Действие аммиака и окислов азота на древесные растения и пути повышения их газоустойчивости*. Автореферат дис. ...канд. биол. Наук. Донецк.

243. Починок, Х. Н. (1976). *Методы биохимического анализа растений*. Киев: Наукова думка.

244. Приседський, Ю. Г., & Лихолат, Ю. В. (2017). Адаптація рослин до антропогенних чинників. Вінниця: ТОВ "Нілан-ЛТД".

245. Приседський, Ю. Г. (2019). Накопичення фтору рослинами за забрудненням повітря HF. *Матеріали наукової конференції професорсько-викладацького складу, наукових працівників і здобувачів наукового ступеня за підсумками науководослідної роботи за період 2017–2018 рр. (16–17 травня 2019 р.): у 2-х томах. Том 1*. (С. 56-57). Вінниця: Донецький національний університет імені Василя Стуса.

246. Приседський, Ю. Г. (2014). Характеристика стійкості деревних та чагарникових рослин до забруднення повітря сполуками сірки, фтору та нітрогену. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н.Каразіна. Серія: біологія*, 21, 162-167.

247. Про затвердження Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів. № 173. (1996).

248. Прохорова, Л. А., Непша, А. В., & Иванова, В. М. (2018). Современные черты рельефа Северо-Западного Приазовья. *Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія: Географічні науки*, 9, 169-175.

249. Радостева, Э. Р., & Кулагин, А. Ю. (2011). Биоаккумуляция металлов в органах древесных растений в условиях полиметаллических отвалов Учалинского

горнообогатительного комбината (Республика Башкортостан). *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*, 5(2), 200-202.

250. Радченко, В. Г., Луцишин, О. Г., Палапа, Н. В., Яворський, П. П., Коломієць, Н. В., Коновалова, О. М., & Тесленко, І. К. (2010). Функціональний стан гіркокаштану звичайного (*Aesculus hippocastanum* L.) в умовах техногенного забруднення довкілля Київського мегаполісу. *Екологія та неосферологія*, 21(1-2), 4-18.

251. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Запорізькій області у 2015 році. (2016). Взято з <https://menr.gov.ua/files/docs/%D0%97%D0%90%D0%9F%D0%9E%D0%A0%D0%86%D0%97%D0%AC%D0%9A%D0%90%20%D0%9E%D0%91%D0%9B%D0%90%D0%A1%D0%A2%D0%AC.pdf>

252. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Запорізькій області у 2017 році (2018). Взято з <https://menr.gov.ua/files/docs/Reg.report/2017/%D0%97%D0%B0%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%B7%D1%8C%D0%BA%D0%B0%20%20%D0%A0%D0%95%D0%93%D0%86%D0%9E%D0%9D.%20%D0%94%D0%9E%D0%9F%D0%9E%D0%92.2017.pdf>

253. Рожков, А. С. & Михайлова, Т. А. (1989). Действие фторсодержащих эмиссий на хвойные деревья. А. С. Исаев (Под ред.). Новосибирск: Наука, Сиб. Отд-ние.

254. Руководство по проектированию санитарно-защитных зон промышленных предприятий. (1984). М.: ЦНИИП градостроительства. Стройиздат.

255. Рунова, Е. М., & Гаврилин, И. И. (2010). Некоторые морфометрические особенности хвои (*Pinus Sylvestris* L.) сосны обыкновенной в зонах аэротехногенного загрязнения г. Братска. *Вестник КрасГАУ*, 10, 106-110.

256. Рыбалова, О. В., & Белоконь, К. В. (2012). Анализ экологической безопасности выбросов предприятия ОАО «Украинский графит», содержащих

оксид углерода и углеводороды. *Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки: збірник наукових праць*, 34, 61-71.

257. Савинцева, Л. С., Егошина, Т. Л., & Ширяев, В. В. (2012). Оценка качества урбаноcреды г. Кирова на основе анализа флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы повислой (*Betula pendula* Roth.). *Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле»*, 2, 31-37.

258. Савосько, В. М., & Копич, О. Ю. (2012). Ботаніко-екологічна характеристика деревно-чагарникових насаджень Довгинцівського дендропарку (м. Кривий Ріг). *Інтродукція рослин*, 1, 105-113.

259. Савосько, В. М. (2013). Видовий склад та екоморфний спектр деревно-чагарникових насаджень парку «Веселі Терни» (м. Кривий Ріг). *Інтродукція рослин*, 2, 78-82.

260. Савосько, В. М., Домшина, К. М., & Савосько В. В. (2013). Морфологічні особливості листків берези повислої культурдендроценозів степу в умовах промислового міста. *Питання біоіндикації та екології*, 18, 2, 12-133.

261. Савосько, В., Квітко, М. (2017). Сучасний життєвий стан лісових культурфітоценозів Криворіжжя. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*, 75, 75-82.

262. Санаев, И. В. (2006). Роль зеленых насаждений в создании оптимальной городской среды. *Вестник МГУЛ. Лесной вестник*, 6, 71-76.

263. Сейдафаров, Р. А. (2013). Липа мелколистая (*Tilia cordata* Mill.) в техногенных условиях поселка Приютова. *Вестник КрасГАУ. Экология*, 4, 126-130.

264. Семенова, І. Г. (2014). Використання вегетаційних індексів для моніторингу посух в Україні. *Український гідрометеорологічний журнал*, 14, 43-52.

265. Семенютина, А. В., Кретинин, В. М., & Таран, С. С. (2013). Принципы формирования и размещения культурценозов в санитарно-защитных зонах на техногенных землях. *Известия НВ АУК*, 2(30), 1-7.

266. Семенютина, А. В., Ноянова, Н. Г., Курманов, Н. В. (2018). Scientific justification of selection of plants for sanitary protection zones in arid region. *Наука. Мысль: электронный периодический журнал*, 1, 52-67.
267. Сергейчик, С. А. (1984). *Древесные растения и промышленная среда*. Минск: Наука и техника.
268. Сергейчик, С. А. (1994). *Устойчивость древесных растений в техногенной среде*. Минск: Наука і техніка.
269. Сергейчик, С. А., Сергейчик, А. А., & Сидорович, Е. А. (1998). *Экологическая физиология хвойных пород Беларуси в техногенной среде*. Минск: Беларуская наука.
270. Сергейчик, С. А. (1997). *Экология и растения. Урожай*, Минск.
271. Серебрякова, Н. Е., Карасева, М. А., Карасев, В. Н., & Граница, Ю. В. (2015). Диагностика жизнеспособности древесных растений г. Нижнекамска по активности фермента каталазы. *Российский журнал прикладной экологии*, 4(4), 39-43.
272. Серебрякова, Н. Е., Карасева, М. А., Карасев, В. Н., & Медведкова, Е. А. (2017). Устойчивость зелёных насаждений в условиях техногенного загрязнения города Нижнекамска. *Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия Лес. Экология. Природопользование*, 2(34), 58-72. doi: 10.15350/2306-2827.2017.2.58
273. Середова, Е. М. (2017). Изучение флуктуирующей асимметрии листьев березы повислой (*Betula pendula* Roth) для оценки качества среды. *Актуальные проблемы лесного комплекса*, 47, 84-88.
274. Сидоренко, А. Н. (2017). Оценка жизненного состояния древесных растений города Уссурийска. *Вестник КрасГАУ*, 7, 166-174.
275. Скляренко, А. В. (2020). Акумуляція хлору органами асиміляції деревних рослин захисних лісосмуг Титаномагнієвого та Трансформаторного заводів (міста Запоріжжя). *Theoretical foundations of modern science and practice. Abstracts of XI International Scientific and Practical Conference. Melbourne, Australia*. (С. 422-424).

276. Скляренко, А. В. (2017). Аналіз екологічної відповідності деревних насаджень санітарно-захисної зони ПАТ «Запоріжжкокс» умовам зростання. *Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми озеленення населених місць: освіта, наука, виробництво, мистецтво формування ландшафту» (До 10-річчя відкриття напрямку підготовки «Лісове та садово-паркове господарство»)* 25-26 травня 2017 року. (С. 140-142). Біла Церква.

277. Скляренко, А. В. (2017). Видовий склад зелених насаджень санітарно-захисної зони ПАТ «Запоріжжкокс». *Питання біоіндикації та екології*, 22(1), 85-99.

278. Скляренко, А. В. (2018). Видовий склад та таксаційні характеристики захисного насадження ПАТ «Запоріжжсклофлюс». *Матеріали сьомої Міжнародної науково-практичної конференції „Рослини та урбанізація” (Дніпро, 3 березня 2018 р.)*. (С. 111-113). Дніпро.

279. Скляренко, А. В., & Бессонова, В. П. (2020). Вміст водорозчинних фенолів в листках деревних рослин санітарно-захисних зон заводів промислової зони Запоріжжя. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, Серія «Біологія»*, 34, 175-184. doi: 10.26565/2075-5457-2020-3 4-18

280. Скляренко, А. В. (2019). Деревні рослини в санітарно-захисних зонах підприємств м. Запоріжжя. *Рослини та урбанізація: Матеріали восьмої Міжнародної науково-практичної конференції (м. Дніпро, 5 березня 2019)*. (С. 140-141). Дніпро.

281. Скляренко, А. В. (2017). Екологічна відповідність деревних насаджень санітарно-захисної зони ПАТ «Запоріжжсклофлюс» умовам зростання. *Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні питання сучасної аграрної науки», Умань 15 листопада 2017 р.* (С. 179-180). Вид-во: «Основа».

282. Скляренко, А. В. (2017). Екологічна відповідність деревних насаджень санітарно-захисної зони ПАТ «Запорізький завод феросплавів» умовам зростання. *Матеріали V Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, магістрів, аспірантів і молодих учених "Ліс, наука, молодь», 23 листопада 2017 р.* (с. 194-195). Житомир: ЖНАЕУ.

283. Скляренко, А. В. (2017). Екологічна відповідність деревних насаджень санітарно-захисної зони ПАТ «Український графіт» умовам зростання. *Рослини та урбанізація: Матеріали шостої Міжнародної науково-практичної конференції (м. Дніпро, 1-2 березня 2017)*. (с. 138-140). Дніпро.

284. Скляренко, А. В. (2020). Накопичення фтору листками деревних рослин санітарно-захисних зон міста Запоріжжя. *Рослини та урбанізація: Матеріали дев'ятої Міжнародної науково-практичної конференції „Рослини та урбанізація” (Дніпро, 5 березня 2020 р.)*. С. 93-95. Дніпро.

285. Скляренко, А. В. (2020). Оцінка життєвого стану деревних рослин санітарно-захисних зон підприємств Феросплавного та Коксохімічного. *Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції 14-16 травня. Актуальні проблеми озеленення населених місць: освіта, наука, виробництво, мистецтво формування ландшафту. Білоцерківський НАУ*. (С. 55-58).

286. Скляренко А. В. (2019). Оцінювання впливу промислових умов на величину флуктуючої асиметрії листкової пластинки *Betula Pendula* м. Запоріжжя. *Науковий вісник НЛТУ України*, 29(6), 54-57. doi:10.15421/40290611.

287. Скляренко, А. В., & Бессонова, В. П. (2020). Оцінка щільності та стану зелених насаджень санітарно-захисних зон промислових підприємств м. Запоріжжя в динаміці з використанням даних супутника Landsat. *Екологічні науки*, 1(28), 64-77.

288. Скляренко, А. В., & Бессонова, В. П. (2017). Різноманіття дендрофлори санітарно-захисної зони ПАТ «Запорізький трансформаторний завод». *Питання біоіндикації та екології*, 22(2), 17-21

289. Скляренко, А. В., & Бессонова, В. П. (2017). Таксаційні характеристики та життєвий стан деревних рослин санітарно-захисної зони ПАТ «Український графіт». *Науковий вісник НЛТУ України*, 27, 1, 83-87.

290. Скляренко, А. В. (2018). Характеристика дендрофлори захисного насадження ПАТ «Запорізький виробничий алюмінієвий комбінат». *Питання біоіндикації та екології*, 23(2), 66-80. doi:10.26661/2312-2056/2018-23/2-05

291. Слободяник, М. П. (2014). Прогнозування врожайності сільськогосподарських культур за матеріалами ДЗЗ та вегетаційними індексами. *Вісник геодезії та картографії*, 6 (93), 16-20.
292. Смальяк, Я. А. (1963). *Ветрозащитные особенности лесных полос разных конструкций*. К.: Гос. Издан. Сельхозлитературы УССР.
293. Смит, У. Х. (1985). *Лес и атмосфера*. М.: Прогресс.
294. Сомов, Е. В. (2012). *Таксація насаджень сосни обыкновенной в городских посадках (на примере г. Хабаровска)*. Автор. ... канд. сельскох. Наук. Красноярск
295. Солошич, І. О., Підліснюк, В. В. (2009). Дослідження забруднення повітря транспортними потоками центральної частини м. Банська-Бистриця (Словацька Республіка). *Екологічна безпека*, 4(8), 43-48.
296. Стан довкілля в Запорізькій області. Інформаційно-аналітичний огляд. Запорізька обласна державна адміністрація. Департамент екології та природних ресурсів. 2019.
297. Стецишин, М. М., & Гришко, С. В. (2011). Сучасні кліматичні особливості Запорізької області. Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія Географія і сучасність, 28(16), 82-86.
298. Сунцова, Л. Н., & Иншаков, Е. М. (2007). Древесные растения в условиях техногенной среды города Красноярска. *ХБЗ*, 1, 1-6.
299. Сухарева, Т. А. (2012). Элементный состав листьев древесных растений в условиях техногенного загрязнения. *Химия в интересах устойчивого развития*, 20, 369-376.
300. Тагилова, О. В., & Кулагин, А. Ю. (2015). Сезонные изменения интегрального показателя стабильности развития и жизненное состояние деревьев *Betula pendula* Roth. В условиях Уфимского промышленного центра. *Известия Самарского научного центра РАН*, 4-5, 164-168.
301. Тарабрин, В. П. (1981). Адаптация растений в условиях индустриальной среды: Тез. докл. Всес. совещ. по вопросам адаптации древесных растений к экстремальным условиям среды. (С. 125-126). Петрозаводск.

302. Тарабрин, В. П., Коршиков, И. И., & Башкатов, В. Г. (1980). Загрязнение окружающей среды органическими соединениями и их фитотоксичность. *Газоустойчивость растений*. Николаевского В.С. (Под ред.). Новосибирск: Наука, 171-172.
303. Тарабрин, В. П., Кондратюк, Е. Н., Башкатов, В. Г., Игнатенко, А. А., Коршиов, И. И., Чертышева, Л. В., Шацкая, Р. М. (1986). *Фитотоксичность органических и неорганических загрязнителей*, Киев: Наукова думка.
304. Танделов, Ю. П. (2012). Фтор в системе почва-растение. В. Г. Минеев. (Под ред.). Красноярск.
305. Тейлор, К. О. (1988). Реакция высших растений на фитохимические и другие атмосферные загрязнители на организменном уровне. *Загрязнение воздуха и жизнь растений*. (с. 247-272). Л. Гидрометеоиздат.
306. Томас, М. Д. (1962). Влияние загрязнения атмосферного воздуха на растения. *Загрязнение атмосферного воздуха*. Женева: ВОЗ, 251-306.
307. Тоуэрс, Г. Х. Н. (1968). Метаболизм фенолов в высших растениях и микроорганизмах. *Биохимия фенольных соединений*, 200-233.
308. Трегубенко, Г. П., Воронова, Т. С., & Гончаренко, І. В. (2018). Забруднення атмосферного повітря автотранспортом: ризики для здоров'я населення та регулювання правових аспектів. *Порівняльно-аналітичне право*, 5, 186-189.
309. Третьякова, И. Н., Бажина, Е. В., & Осколков, В. А. (2001). Морфоструктура и репродуктивная активность – признаки устойчивости хвойных в нарушенных лесных и урбосистемах Сибири. *Классификация. Наука*, 298-300.
310. Трешоу, М. (Под ред.). (1988). *Загрязнение воздуха и жизнь растений*. Львів: Гидрометеозидат.
311. Туник А.Х. (2007). Запоріжжя – зона екологічного лиха. *Сучасні проблеми біології, екології та хімії*, 438-440.
312. Турос, О. І., Петросян, А. А., Ананьева, О. В., & Картавец, О. М. (2013). Розширення можливостей санітарно-епідеміологічної експертизи при

обґрунтуванні встановлення розміру санітарно-захисної зони для феросплавного підприємства на етапі управління ризиком. *Гігієна населених місць*, 61, 62-70.

313. Угрехелидзе, Д. Ш. (1976). *Метаболизм экзогенных алканов и ароматических углеводов в растениях*. Тбилиси: Мецниереба.

314. Угрехелидзе, Д. Ш., & Кавтарадзе, В. И. (1979). О продуктах конъюгации фенола в растениях. *Метаболизм химических загрязнителей биосферы в растениях*, 43-49.

315. Угрехелидзе, Д. Ш., & Цевелидзе, Дж. Ш. (1967). Усвоение фенола высшими растениями. *Сообщ. АНГССР*, 47(1), 43-49.

316. Федорченко, Р. А., Панова, Т. И., Казаков, В. Н., Андреева, В. Ф., Шевченко, Т. А., Бортникова, А. К., & Филюшина, Е. В. (2013). Состояние дыхательной системы у населения г. Запорожье, по результатам скрининговой спирографии. *Архів клінічної та експериментальної медицини*, 22(2), 179-184.

317. Феник, С. И., Трофимьяк, Т. Б., & Блюм, Я. Б. (1995). Механизмы формирования устойчивости растений к тяжелым металлам. *Успехи современной биологии*, 115(3), 261-275.

318. Фещенко, О. Л., & Каменева, Н. В. (2016). Оцінка впливу діяльності металургійних підприємств на навколишнє природне середовище України. *Економічна наука. Інвестиції: практика та досвід*, 2, 28-32.

319. Фізична географія Запорізької області. (2014). Л. М. Даценко. (Під ред.). Мелітополь: Вид-во МДПУ ім. Б. Хмельницького.

320. Хаземова, Л. А., Радовская, Т. Л., Круглова, Н. В., & Качалкова, Т. К. (1983). Определение фтора в растительном материале. *Агрехимия*, 6, 66-72.

321. Хоменко, Л. О., Остапко, О. І., & Дуда, О. В. (2011). Екологічні аспекти стоматологічних захворювань у дітей. *Клінічна стоматологія*, 1-2, 53-63.

322. Царев, Ю. В., Царева, С. А., Буймова, С. А., Кувькин, Н. А., & Беляева, О. В. (2014). Экологический мониторинг линейного промышленного объекта методом дистанционного зондирования Земли. *Экология и промышленность России*, 5, 56-61.

323. Цурик, Є. І. (2008). Таксація динаміки деревостанів. Львів: НЛТУ.

324. Черепанов, С. К. (1995). Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР), Мир и семья, Санкт-Петербург.
325. Чкаников, Д. И. (1985). Метаболизм 2, 4 –дихлорфеноксисульфатной кислоты в растениях. *Успехи современной биологии*, 99(2), 212-225.
326. Чонгова, А. С. (2013). Дендрофлора парків/пам'яток садово-паркового мистецтва Запорізької області (структура, екологічна оцінка, декоративність). (Автор. канд. б. н.). Київ. Лісові культури на фітомеліорація.
327. Чукина, Н. В., Филимонова, Е. И., Файрузова, А. И., & Борисова, Г. Г. (2016). Морфофизиологические Особенности листьев *Betula pendula* Roth на золотых горах среднего Урала. *Ученые записки Петрозаводского государственного университета*, 6(159), 68-75.
328. Шматков, Г. Г., & Мінков, Ю. І. (2011). Оцінка зауряднення атмосферного повітря викидами пилу від стаціонарних джерел промислових підприємств, які розташовані в м. Дніпропетровську. *Екологія і природокористування*, 14, 1-4.
329. Эйдензон, М. А. (1964). *Производство магния и хлора электролизом расплавленного хлористого магния*. М.: Metallurgy.
330. Яворовський, П. П. (2014). Бар'єрно-оздоровлювальна роль лісу і зелених насаджень в урбосередовищі. *Лісове і садово-паркове господарство*, 4, 1-11.
331. Яворський, В. Т., Гелеш, А. Б., & Калимон, Я. А. (2010). Моніторинг газових викидів із реакторів розкладу ільменіту у виробництві пігментного титану (IV) оксиду. *Наукові вісті Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут"*, 5, 153-157.
332. Якубов, Х. Г. (2005). Экологический мониторинг зеленых насаждений в Москве. М.: ООО Стагирит-Н.
333. Яковишина, Т. Ф. (2013). Екологічна оцінка стану зелених насаджень індустріальних районів. *Містобудування та територіальне планування*, 48, 525-529.

334. Якушевская, Е. Б., & Якимова, Е. П. (2013). Растения – индикаторы состояния городской среды. *Ученые записки ЗабГУ. Серия: Биологические науки*, 1 (48), 116-121.
335. Abdallah, F. B., Elloumi, N., Mezghani, I., Boukhris, M., & Garrec, J.-P. (2006). Survival strategies of pomegranate and almond trees in a fluoride polluted area. *Stratégies de survie du grenadier et de l'amandier dans une zone à pollution fluorée Comptes Rendus Biologies*, 329(3), 200-207 doi:10.1016/j.crvi.2005.12.003
336. Abdullah, A. (2015). Sources of metal pollution in the urban atmosphere (A case study: Tuzla, Istanbul). *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 13(79), 1-9. doi: 10.1186/s40201-015-0224-9
337. Adam, E., Mutanga, O., & Rugege, D. (2010). Multispectral and hyperspectral remote sensing for identification and mapping of wetland vegetation: a review. *Wetlands Ecology and Management*, 18, 3, 281-296. doi:10.1007/s11273-009-9169-z
338. Agostini, El., Talano, M. A., González, P. S., Wevar, A. L., Oller, A.L.W., & Medina, M. I. (2010). Phytoremediation of phenolic compounds recent advances and perspectives. Chapter 1 In: *Handbook of Phytoremediation*. I. A. Golubev (Ed.) Nova Science Publishers, Inc. PP 1-50.
339. Alfheim, I. & Wikström, L. (1984). Air pollution from aluminum smelting plants I. The emission of polycyclic aromatic hydrocarbons and of mutagens from an aluminum smelting plant using the söderberg process. *Toxicological & Environmental Chemistry*, 8(1), 55-72. doi:10.1080/02772248409357041
340. Al-Jahdali, M. O., & Bin Bisher, A. S. (2008). Sulfur dioxide (SO₂) accumulation in soil and plant's leaves around an oil refinery: a case study from Saudi Arabia. *American Journal of Environmental Sciences*, 4(1), 84-88. doi: 10.3844/ajessp.2008.84.88
341. Basovic, M., Prica, V., Velagic-Habul, E., & Bogdanovic, Z. (1975). Absorption sposobnosti listanekih listopadnich parkovchih kultura za SO₂ u aerozagadenoj sredini. *Golišn Biological Institute. Univerzitet u Sarajevu*, 28, 29-38.

342. Baciak, M., Warmiński, K., & Bęś, A. (2015). The effect of selected gaseous air pollutants on woody plants. *Leśne Prace Badawcze, Forest*, 76 (4), 401-409. doi: 10.1515/frp-2015-0039
343. Banerjee, A., & Roychoudhury, A. (2019). Fluorine: a biohazardous agent for plants and phytoremediation strategies for its removal from the environment. *Biologia Plantarum*, 63, 104-112. doi: 10.32615/bp.2019.013
344. Beckett, K. P., Freer-Smith P., & Taylor, G. (2000). Effective tree species for local airquality management. *Journal of Arboricultur*, 26(1), 12-19.
345. Bessonova, V. P., Chongova, A. S., & Sklyarenko, A. V. (2020). Influence of multicomponent contamination on the content of photosynthetic pigments in the leaves of woody plants commonly planted in for greening of cities. *Biosystems Diversity*, 28(2), –. doi:10.15421/012027.
346. Belokon, K. V. (2018). The investigation of the emissions influence from industrial enterprises on pollution of atmospheric air in the zavodskyi district of Zaporizhzhya. *Collection of scholarly papers of Dniprovsk State Technical University (Technical Sciences)*, 2(33), 91-96. doi: 10.31319/2519-2884.33.2018.206
347. Bessonova, V. P., & Sklyarenko, A. V. (2020). The accumulation of fluoride by leaves of woody plants growing in the area of sanitary protection zones in the industrial region of Zaporizhzhya. *Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry*, 62 (2), 128-138.
348. Bhandari, A. K., Kumar, A., & Singh, G. K. (2012). Feature Extraction using Normalized Difference Vegetation Index (NDVI): A Case Study of Jabalpur City. *Procedia Technology*, 6, 612-621. doi:10.1016/j.protcy.2012.10.074
349. Blood, A., Starr, G., Escobedo, F., Chappelka, A. & Staudhammer, Ch. (2016). How Do Urban Forests Compare? Tree Diversity in Urban and Periurban Forests of the Southeastern US. *Forests*, 7(120), 15 p. doi:10.3390/f7060120.
350. Boichenko, B. M., Molchanov, L. S. & Synegin, I. V. (2016). Technological Methods to Protect the Environment in the Ukrainian BOF Shops. *Ironmaking and Steelmaking Processes*, 285-299. doi:10.1007/978-3-319-39529-6_17

351. Bordbar, H., Yousefi, A. A., Abedini, H. (2017). Production of titanium tetrachloride (TiCl₄) from titanium ores: A review. *Polyolefins Journal*, 4(2), 150-169. doi: 10.22063/poj.2017.1453
352. Brandle, K., & Schnyder, J. (1970). Abtransport von schwefelverbindungen an bohenprimärfblättern (*Phaseolus vulg.*) nach begasung mit H₂S. *Experientia Bales*, 26, 112-123.
353. Brashears, M. B., Fajvan, M. A. & Schuler, Th. M. (2004). An Assessment of Canopy Stratification and Tree Species Diversity Following Clearcutting in Central Appalachian Hardwoods. *Forest*, 54-64.
354. Bytnerowicz, A., Olszyk, D. M., Kats, G., Dawson, P.J., Wolf, J., & Thompson, C. R. (1987). Effects of SO₂ on physiology, elemental content and injury development of winter wheat. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 20(1), 37-47. doi.org/10.1016/0167-8809(87)90026-0
355. Bunce Hubert, W. F. (1979). Fluoride Emissions and Forest Growth. *Journal of the Air Pollution Control Association*, 29(6). doi: 10.1080/00022470.1979.10470839
356. Capuana, M. (2011). Heavy metals and woody plants - biotechnologies for phytoremediation. *iForest. Biogeosciences and forestry*, 4, 7-15. doi: 10.3832/ifor0555-004
357. Castagneyrol, B., Jactel, H., Vacher, C., Brockerhoff, E. G., Koricheva, J. (2014). Effects of plant phylogenetic diversity on herbivory depend on herbivore specialization. *Journal of Applied Ecology*, 51, 134-141. doi: 10.1111/1365-2664.12175
358. Cayanan, D. F., Zheng, Y., Zhang, P., Graham, T., Dixon, M., Chong, C., & Llewellyn, J. (2008). Sensitivity of Five Container-grown Nursery Species to Chlorine in Overhead Irrigation Water. *HortScience*, 43(6), 1882-1887. doi: 10.21273/HORTSCI.43.6.1882
359. Chen, W., He, Z. L., Yang, X. E., Mishra, S. & Stoffella P. J. (2008). Chlorine nutrition of higher plants: progress and perspectives. *Journal of Plant Nutrition*, 33(7), 943-952. DOI: 10.1080/01904160903242417.

360. Chung, C. Y., Chung, P. L., & Liao, S. W. (2011). Carbon fixation efficiency of plants influenced by sulfur dioxide. *Environmental Monitoring and Assessment*, 173(1-4), 701-707. doi: 10.1007/s10661-010-1416-5.
361. Cicek, A., & Koparal, A. S. (2004). Accumulation of sulfur and heavy metals in soil and tree leaves sampled from the surroundings of Tuncbilek Thermal Power Plant. *Chemosphere*, 57(8), 1031-1036. doi: 10.1016/j.chemosphere.2004.07.038
362. Cornelissen, T., Stiling, P., & Drake, B. (2003). Elevated CO₂ decreases leaf fluctuating asymmetry and herbivory by leaf miners on two oak species. *Global Change Biology*, 10, 27-36. doi:10.1046/j.1529-8817.2003.00712.x
363. Cornish, L. (1968). Contribution à l'étude de l'absorption du soufre du dioxyde de soufre. *Annals of Physiology Vegetable*, 10(2), 99-112.
364. Coster, D. G., Dongen, V. S., Malaki, Ph., Muchane, M., Alcántara-Exposito, A., Matheve, H., & Lens, L. (2013). Fluctuating Asymmetry and Environmental Stress: Understanding the Role of Trait History. *PLoS One.*, 8(3) doi: 10.1371/journal.pone.0057966
365. Davison, A. W. (1971). The Effects of De-Icing Salt on Roadside Verges. I. Soil and Plant Analysis. *British Ecological Society. Journal of Applied Ecology*, 8(2), 555-561. doi: 10.2307/2402891
366. Doganlar, Z. B., Doganlar, O., Erdogan, S., & Onal, Yu. (2012). Heavy metal pollution and physiological changes in the leaves of some shrub, palm and tree species in urban areas of Adana, Turkey. *Chemical Speciation and Bioavailability*, 24(2), 65-78. doi:10.3184/095422912X13338055043100
367. Durga, M., Bharathi, S., Balakrishna Murthy, P., & Devasena, T. (2015). Characterization and cytotoxicity studies of suspended particulate matter (SPM) in Chennai urban area. *Journal of Environmental Biology*, 36(3), 583-589.
368. Eisenach, C., & Angeli, De A. (2017). Ion transport at the vacuole during stomatal movements. *Plant Physiology*, 174(2), 520-530. doi: 10.1104/pp.17.00130
369. Endress, A. G., Kitasako, J. T., & Taylor, O. C. (1967) Ultracytopathological characterization of leaves following short-term exposures of

hydrogen chloride gas. *Atmospheric Environment*, 12(6-7), 1383-1390. doi: 10.1016/0004-6981(78)90080-X

370. Endress, A. G., Swiecki, T. J., & Taylor, O. C. (1978). Foliar and microscopic observations of bean leaves exposed to hydrogen chloride gas. *Environmental and Experimental Botany*, 18(2), 139-149. doi: 10.1016/0098-8472(78)90011-4

371. Faller, N. (1970). Schwefeldioxid aus der alsentscheidende Nährstoffquelle für die Pflanze. *Landwirt. Forsch.*, 18, 48-54.

372. Farooq, M., Saxena, R. P., & Beg, M. U. (1988). Sulfur dioxide resistance of Indian trees I. Experimental evaluation of visible symptoms and SO₂ sorption. *Water, Air, and Soil Pollution*, 40(3-4), 307-316. DOI <https://doi.org/10.1007/BF00163735>

373. Fornasiero, R. B. (2003). Fluorides effects on *Hypericum perforatum* plants: first field observations. *Plant Science*, 165(3), 507-513. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(03\)00205-X](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(03)00205-X)

374. Fornasiero, R. B. (2001). Phytotoxic effects of fluorides *Plant Science*, 161(5), 979-985. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(01\)00499-X](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(01)00499-X)

375. Fortes, R., Prieto, M. del H., García-Martín, A., Córdoba, A., Martínez, L., & Campillo, C. (2015). Using NDVI and guided sampling to develop yield prediction maps of processing tomato crop. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 13(1), 1-9. doi: 10.5424/sjar/2015131-6532

376. Foyer, C. N., & Noctor, G. (2005). Oxidant and antioxidant signaling in plants: a reevaluation of the concept of oxidative stress in a physiological context. *Plant Cell Environ*, 28, 1056-1071.

377. Franco-Navarro, J. D., Brumós, J., Rosales, M. A, Cubero-Font, P., Talón, M., & Colmenero-Flores, J. M. (2016). Chloride regulates leaf cell size and water relations in tobacco plants. *Journal of Experimental Botany*, 67(3), 873-891. doi: 10.1093/jxb/erv502

378. Gami, A. A., Shukor, M. Y., Khalil, K. A., Dahalan, F. A., Khalid, A. & Ahmad, S. A. (2014). Phenol and its toxicity. *Journal of Environmental Microbiology and Toxicology*, 2(1), 11-24.

379. Ghorani-Azam, A., Riahi-Zanjani, B., & Balali-Mood, M. 2016. Effects of air pollution on human health and practical measures for prevention in Iran. *Journal of Research in Medical Sciences*, 21, 65. doi: 10.4103/1735-1995.189646
380. Gioda, A., Sales, J. A., Cavalcanti, P. M. S., Maiaka, M F., Maia, L. F. P. G., & Aquino Neto, F. R. (2004). Evaluation of air quality in Volta Redonda, the main metallurgical industrial city in Brazil. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 15(6) doi: 10.1590/S0103-50532004000600012
381. Glass, A. D. M., Bohm, B. A. (1971). Uptake of simple phenols by barley roots. *Planta*, 100(2), 93-105.
382. Godzik, S. (1976). Pobieranie $^{35}\text{SO}_2$ powietrza i rozmieszczenie ^{35}S u niektoh gatunkorzcw. *Badenia porownawcze. Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk*, 16, 159.
383. Gostin, I. (2009). Air Pollution Effects on the Leaf Structure of some Fabaceae Species. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 37(2), 57-63.
384. Grossiord, Ch., Granier, A., Ratcliffe, S., Bouriaud, O., Bruelheide, H., Chećko, E, Forrester, D., Dawu, d S., Finér, L., Pollastrini, M., Scherer-Lorenzen, M., Valladares, F., Bonal, D., & Gessler, A. (2014). Tree diversity does not always improve resistance of forest ecosystems to drought. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 111(41), 14812-14815. doi:10.1073/pnas.1411970111.
385. Habashi, F. (2016). Ilmenite for pigment and metal production. *Interdisciplinary Journal of Chemistry*, 1(1), 28-33. doi: 10.15761/IJC.1000105
386. Häfner, V. M., & Michel, H. G. (1975). Untersuchungen zur Abtrift des Schwefels und zum Rückstandsverhalten auf pflanzlichem Material (Rotklee und Apfelblätter, Sorte: „Golden Delicious“). *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. (Braunschweig) Landesanstalt für Pflanzenschutz, Stuttgart*, 27(2). 24-27.
387. Haidouti, C., Chronopoulou, A., & Chronopoulos, J. (1993). Effects of fluoride emissions from industry on the fluoride concentration of soils and vegetation. *Biochemical Systematics and Ecology*, 21(2), 195-208. doi:10.1016/0305-1978(93)90037-R

388. Haque, N., & Norgate, T. (2013). Estimation of greenhouse gas emissions from ferroalloy production using life cycle assessment with particular reference to Australia. *Journal of Cleaner Production*, 39, 220-230. doi:10.1016/j.jclepro.2012.08.010
389. Haridoss, S. (2017). Effect of air pollutants and its emission control strategies in petroleum refineries. *Journal of Industrial Pollution Control*. 33(1), 730-740
390. Heber, Ul., & Hüve, K. (1997). Action of SO₂ on plants and metabolic detoxification of SO₂. *International Review of Cytology*, 177, 255-286. doi: 10.1016/S0074-7696(08)62234-2
391. Hejda, M., Pysek, P., & Jarosík, V. (2009). Impact of invasive plants on the species richness, diversity and composition of invaded communities. *British Ecological Society*, 97, 393-403 doi: 10.1111/j.1365-2745.2009.01480.x.
392. Hijano, C. F., Domínguez, M. D., Giménez, R. G., Sánchez, P. H., & García, I. S. (2005). Higher plants as bioindicators of sulphur dioxide emissions in urban environments. *Environmental Monitoring and Assessment*, 111, 75-88 doi: 10.1007/s10661-005-8140-6
393. Hindawi, I. J. (1968). Injury by sulfur dioxide, hydrogen fluoride, and chlorine as observed and reflected on vegetation in the field. *Journal of the Air Pollution Control Association*, 18(5), 307-312. doi: 10.1080/00022470.1968.10469130
394. Hock, N. B., & Anderson, J. N. (1978). Chloroplast cysteine syntheses of *Trilium repens* and *Pisum sativum*. *Photochemistry*, 17(5), 879-885 doi: 10.1016/S0031-9422(00)88638-0
395. Holevas, C. D. (1988). Airborne Pollutant Injury to Vegetation in Greece. *Air Pollution and Ecosystems*, 154-157 doi:10.1007/978-94-009-4003-1_18.
396. Hwangbo, J.- K., Lee, Ch.- S. & Kim, J.- H. (2000). Tolerance of several woody plants to sulphur dioxide. *Korean Journal of Biological Sciences*, 4 (4), 337-340. doi: 10.1080/12265071.2000.9647566
397. Israel, G.W. (1974) A field study of the correlation of static lime paper sampler with forage and cattle urine. *Atmos Environ*, 8(2), 167-181.

398. Iusypiva, T., Miasoid, G. (2016). The Impact of Industrial Pollution with Toxic Gases on Stem Histological Parameters of Woody Plant Undergrowth under Conditions of the Southern Industrial Zone of the City of Dnipro, Ukraine. *International Letters of Natural Sciences*, 59, 62-71. doi:10.18052/www.scipress.com/ILNS.59.62
399. Ivanov, V. P., Ivanov, Yu. V., Marchenko S. I., & Kuznetsov, Vl. V. (2015). Application of fluctuating asymmetry indexes of silver birch leaves for diagnostics of plant communities under technogenic pollution. *Russian Journal of Plant Physiology*, 62(3), 340-348
400. Jacobson, J. S., Weinstein, L. H., Mccune, D. C., & Hitchcock, A. E. (1966). The Accumulation of Fluorine by Plants. *Journal of the Air Pollution Control Association* . 16 (8), 412-417 doi:10.1080/00022470.1966.10468494
401. Jactel, H., & Brockerhoff, E. G. (2007). Tree diversity reduces herbivory by forest insects. *PubMed, Ecol Lett.* 10(9), 835-848. doi: 10.1111/j.1461-0248.2007.01073.x.
402. Jarkowska, H. (1985). Zawartosc i rozmieszczenie fluoru w roslinach. *Zesz. Nauk. AR Krakouje: Ses. Nauk.* 3, 107-124.
403. Junior, A. M. D., Oliva, M. A., Martinez, C. A., & Cambraia, J. (2007). Effects of fluoride emissions on two tropical grasses: *Chloris gayana* and *Panicum maximum* cv. Colonião. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 67(2), 247-253. doi:10.1016/j.ecoenv.2006.06.002
404. Kapelyush, N. V., & Bessonova, V. P. (2006). Environment clearing role of *Platanus orientalis* in plantations of sanitary function. *Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology, ecology.* 15 (1). P. 59-65.
405. Karaivazoglou, N. A., Papakosta, D. K., & Divanidis, S. (2005). Effect of chloride in irrigation water and form of nitrogen fertilizer on Virginia (flue-cured) tobacco. *Field Crops Research*, 92(1). 61-74. doi:10.1016/j.fcr.2004.09.006
406. Kharytonov, M., Benselhoub, A., Kryvakovska, R., Klimkina, I., Bouhedja, A., Bouabdallah, S., Chaabia, R., & Vasylyeva, T. I. (2017). Risk assessment of aerotechnogenic pollution generated by industrial enterprises in Algeria ang Ukraine. *Studia Universitatis "Vasile Goldiș", Seria Științele Vieții*, 27(2), 99-104.

407. Kero, I. T., Eidem, P. A., Ma, Y., Indresand, H., Aarhaug, Th. A., & Grådahl, S. (2019). Airborne Emissions from Mn Ferroalloy Production. *JOM*, 71(1), 349-365. <https://doi.org/10.1007/s11837-018-3165-9>
408. Kessabi, M., Assimi, B., & Braun, J. P. (1984). The effects of fluoride on animals and plants in the South Safi zone. *Science of The Total Environment*, 38, 63-68. doi:10.1016/0048-9697(84)90208-0
409. Klimov, P., Basilaia, M. (2017) Estimation of atmospheric air pollution and health risk for Rostov-on-Don population. *Научный альманах стран Причерноморья* 10(2). 44-48. doi:10.23947/2414-1143-2017-10-2-44-48
410. Kluczynski, B. (1683). Tolerancja drzew i krzewow na dziatanie wysokich stezen zwiakow fluoru w warunkach huty aluminium "Konin". *Roczn., Arboterum Kornicki. Warszawa, Poznan*, 27, 235-264.
411. Kok, L. J., Maas, F. M., Godeke, J., Haaksma, A. B., & Kuiper, P. J. C. (1986). Glutathione, a tripeptide which may function as a temporary storage compound of excessive reduced sulphur in H₂S fumigated spinach plants. *Plant and Soil*, 91(3), 349-352. doi: 10.1007/BF02198121
412. Kosiba, P. (2008). Variability of morphometric leaf traits in small-leaved linden (*Tilia cordata* Mill.) under the influence of air pollution. *Acta societatis botanicorum poloniae*, 77(2), 125-137.
413. Kotlarz, J., Nasiłowska, S., Rotchimmel, K., Kubiak, K., & Kacprzak, M. (2018). Species Diversity of Oak Stands and Its Significance for Drought Resistance. *Forests*, 9, 126. doi:10.3390/f9030126
414. Kozlov, M. V., Wilsey, B. J., Koricheva, J., & Haukioja, E. (1996). Fluctuating Asymmetry of Birch Leaves Increases Under Pollution Impact. *Journal of Applied Ecology*, 33(6), 1489-1495. doi:10.2307/2404787
415. Kozlov, M. V., Gavrikov, D. E., Zverev, V., & Zvereva, E. L. (2018). Local Insect Damage Reduces Fluctuating Asymmetry in Next-year's Leaves of Downy Birch *Insects*, 9(2), 56. doi:10.3390/insects9020056

416. Li, Z. G., Min, X., & Zhou, Z. H. (2016). Hydrogen Sulfide: A Signal Molecule in Plant Cross-Adaptation. *Frontiers in Plant Science*, 26(7), 1-12. doi: 10.3389/fpls.2016.01621
417. Likus-Cieřlik, J., & Pietrzykowski, M. (2017). Vegetation development and nutrients supply of trees in habitats with high sulfur concentration in reclaimed former sulfur mines Jeziórko (Southern Poland). *Environmental Science and Pollution Research International*, 24 (25), 20556-20566. doi:10.1007/s11356-017-9638-5
418. Lin, Ch., Liou, N., Chang, P.-E., Yang, J.-Ch. & Sun, E. (2007). Fugitive Coke Oven Gas Emission Profile by Continuous Line Averaged Open-Path Fourier Transform Infrared Monitoring. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 57(4), 472-479, doi: 10.3155/1047-3289.57.4.472
419. Lin, J., Reddy, M., Moorthi, V. & Qoma, B. E. (2008). Bacterial removal of toxic phenols from an industrial effluent. *African Journal of Biotechnology*, 7(13), 2232-2238
420. Liu, Y., Zhang, Y., Li, Ch., Bai, Y., Zhang, D., Xue, Ch., & Liu, G. (2018). Air pollutant emissions and mitigation potential through the adoption of semi-coke coals and improved heating stoves: Field evaluation of a pilot intervention program in rural China. *Environmental Pollution*, 240, 661-669. doi: 10.1016/j.envpol.2018.04.110
421. Lomtev, A. L., Eremin G. B., Mozhukhina, N. A., Kombarova, M., Mel'tser, A. V., & Giul'mamedov É. I. (2013). Modern problems of the application of sanitary regulations concerning sanitary protection zones and sanitary classification of enterprises, buildings and other facilities. *Gig Sanit*, (6), 93-7.
422. Lorenzini, G., Panattoni, A., & Guidi, L. (1987). Ricerche sugli effetti fitotossici dei fluoruri atmosferici nei dintomi di una sorgente industriale. *Informatore Fitopatologico*, 37(3), 41-48.
423. Mahadevan, T. N., Meenakshy, V., Mishra, U. C. (1986). Fluoride cycling in nature through precipitation. *Atmospheric Environment(1967)*, 20(9), 1745-1749 doi: 10.1016/0004-6981(86)90123-X
424. Majumdar, D., Bhanarkar, A. Gangadhar Gavane, A., & Rao, Ch. (2019). Measurements on Stationary Source Emissions and Assessing Impact on Ambient Air

Quality around Two Indian Refineries. *Asian Journal of Atmospheric Environment*, 13(2), 73-87, doi: 10.5572/ajae.2019.13.2.073

425. Makhelouf, A. (2013). The contribution of the urban green spaces in the regulation of the microclimate and the improvement of the air quality in cities. *Asian Journal of Current Engineering and Maths*, 2, 190-195.

426. Makhelouf, A. (2009). The Effect Of Green Spaces On Urban Climate And Pollution. *Iranian Association of Environmental Health (IAEH)*, 6(1), 35-40.

427. Malhotra, S. S., & Hocking, D. (1976). Biochemical and cytological effects of sulphur dioxide on plant metabolism. *New Phytologist*, 76(2), 227-237. doi: 10.1111/j.1469-8137.1976.tb01456.x

428. Mallegowda, P., Rengaian, G., Krishnan, J., Niphadkar, M. (2015). Assessing Habitat Quality of Forest-Corridors through NDVI Analysis in Dry Tropical Forests of South India: Implications for Conservation. *Remote Sens.*, 7, 1619-1639. doi:10.3390/rs70201619

429. Mammadova, A. O., Farzaliyeva, N. M., Mammadova, R. N. (2017). Environmental Assessment of the Tree Plant Leaves According to their Physiological State and Fluctuating Asymmetry Indices of Morphological Features, Which Widely Spread in Baku. *Journal of Ecology of Health & Environment*, 5(1), 19-21.

430. Mancera, J. P., Ragraio, E. M., Sia, Su G. L., & Rubite, R. R. (2013). Plant Community Structure of a Secondary Forest at Barangay Camias, Porac, Pampanga, The Philippines. *Philippine Journal of Science*, 142, 135-143.

431. Margalef, R. (1958). Temporal succession and spatial heterogeneity in phytoplankton. *Perspectives in Marine Biology, Berkeley*, 323-347.

432. Martin, S. C., Larivière, C. (2014). Community Health Risk Assessment of Primary Aluminum Smelter Emissions. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 56(5), 33-39. doi: 10.1097/JOM.000000000000135

433. Martines, S. & Marelli S. (2006). Moderation of Pickling lines at the Magnitogorsk irons and steel works. *Millennium steel*, 233-236.

434. Michałowicz, J., & Duda, W. (2007). Phenols – Sources and Toxicity. *Polish J. of Environ. Stud.* 16(3), 347-362.

435. Mezghani, I., Elloumi, N., Abdallah, F. B., Chaieb, M., & Boukhris, M. (2005). Fluoride accumulation by vegetation in the vicinity of a phosphate fertilized plant in Tunisia. *Fluoride*, 38(1), 69-75.
436. Mikhailova, T. A., Shergina, O. V., & Kalugina, O. V. (2013). Accumulation and migration of elements-pollutants in “soil-plant” system within urban territory. *Natural Science*, 5(6), 705-709. doi:10.4236/ns.2013.56087
437. Mitchell, R., Maher, B. A., & Kinnersley, R. (2010). Rates of particulate pollution deposition onto leaf surfaces: temporal and inter-species analyses. *Environmental Pollution*, 58(5), 1472-1480. doi: 10.1016/j.envpol.200912.029.
438. Mondal, N. K1. (2017). Effect of fluoride on photosynthesis, growth and accumulation of four widely cultivated rice (*Oryza sativa* L.) varieties in India. *Ecotoxicol Environ Saf.*, 144, 36-44. doi: 10.1016/j.ecoenv.2017.06.009.
439. Morawitz, D. F, Blewett, T. M., Cohen, A., & Alberti, M. (2006). Using NDVI to assess vegetative land cover change in central Puget Sound. *Environmental Monitoring and Assessment*, 114(1-3), 85-106. doi: 10.1007/s10661-006-1679-z
440. Moreno, T., Pandolfi, M., Querol, X., Lavín J., Viana M., Alastuey A., & Gibbons W. (2011). Manganese in the urban atmosphere: identifying anomalous concentrations and sources. *Environmental Science and Pollution Research*, 18(2), 173-183. doi: 10.1007/s11356-010-0353-8
441. Nagendra, H., & Gopal, D. (2009). Street trees in Bangalore: Density, diversity, composition and distribution. *Urban Forestry & Urban Greening*, 9(2), 129-137. doi: 10.1016/j.ufug.2009.12.005.
442. Nath, B., & Acharjee, Sh. (2013). Forest Cover Change Detection using Normalized Difference Vegetation Index (NDVI): A Study of Reingkhongkine Lake’s Adjoining Areas, Rangamati, Bangladesh. *Indian Cartographer*, 33, 348-353.
443. Nguyen, D., Castagneyrol, B., Bruelheide, H., Bussotti, F., Guyot, V., Jactel, H., Jaroszewicz, B., Valladares, F., Stenlid J., & Boberg, J. (2016). Fungal disease incidence along tree diversity gradients depends on latitude in European forests. *Ecol Evol.*, 6(8), 2426-2438. doi: 10.1002/ece3.2056.

444. Nowak, D. J., Hirabayashi, S., Doyle, M., McGovern, M., & Pasher, J. (2018). Air pollution removal by urban forests in Canada and its effect on air quality and human health. *Urban Forestry & Urban Greening*, 29, 40-48. doi: 10.1016/j.ufug.2017.10.019.
445. Nowamik, D. J., Crane, D. E., & Stevens, J. C. (2006). Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban Forestry & Urban Greening*, 4(3-4), 115-123. doi:10.1016/j.ufug.2006.01.007.
446. Okanoa, K., Machidab, T. & Totsuka, T. (1989). Differences in ability of NO₂ absorption in various broad-leaved tree species. *Environmental Pollution*, 58(1), 1-17. doi:10.1016/0269-7491(89)90233-9
447. Okpodu, C. M., Alscher, R. G., Grabau, El. A., & Cramer, C. L. (1996). Physiological, Biochemical and Molecular Effects of Sulfur Dioxide Author links open overlay panel. *Journal of Plant Physiology*, 148(3-4), 309-316. doi: 10.1016/S0176-1617(96)80258-6
448. Onder, S., & Dursun, S. (2006). Air borne heavy metal pollution of cedrus libani (A. Rich.) in the city centre of Konya (Turkey). *Atmos Environ*, 40(6), 1122-1133. doi: 10.1016/j.atmosenv.2005.11.006.
449. Pacyna, J. M., & Pacyna, E. G. (2001). An assessment of global and regional emissions of trace metals to the atmosphere from anthropogenic sources worldwide. *Environ. Rev*, 9, 269-298. doi: 10.1139/er-9-4-269
450. Pandey, J. (2005). Evaluation of air pollution phytotoxicity downwind of a phosphate fertilizer factory in India. *Environ Monit Assess.*, 100(1-3), 249-266.
451. Paul, R. (1974). L'absorption foliaire Le dioxyde De soufre atmospherique et son utilisation eventuelle par la plante. *Annual gembloux*, 80(2), 95-103.
452. Paul, R. (1976). Translocation du soufre d'origine atmospherique dans la plante. *Bulletin de la Société Royale de Botanique de Belgique*, 109(1), 13-23.
453. Price, K., Egbert, S., Lee, R., Boyce, R., & Nellis, M. D. (1997). Mapping land cover in a high plains agroecosystem using a multi-date landsat thematic mapper modeling approach. *Transactions of the Kansas Academy of Science*, 100(1-2), 21-33. doi: 10.2307/3628436

454. Pridham, J. B. (1958). Metabolism of phenolic by the broad bean *Vicia faba*. *Nature*, 182(4638), 795-796.
455. Pridham, J. B. (1964). The phenolic glucosylation reaction in the plant Kingdom. *Phytochemistry*, 3, 493-498.
456. Pérez-Hoyos, A., Martínez, B., García-Haro, F. J., Moreno, Á., & Gilabert, M. A. (2014). Identification of Ecosystem Functional Types from Coarse Resolution Imagery Using a Self-Organizing Map Approach: A Case Study for Spain. *Remote Sensing*, 6, 11391-11419. doi: 10.3390/rs61111391
457. Pettorelli, N., Laurance, W. F., O'Brien, T. G., Wegmann, M., Nagendra, H., & Turner, W. (2014). Satellite remote sensing for applied ecologists: opportunities and challenges. *Journal of Applied Ecology*, 51, 839-848. doi: 10.1111/1365-2664.12261
458. Pettorelli, N., Vik, J., Mysterud, A., Gaillard, J., Tucker, C., & Stenseth, N. (2005). Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. *Trends in Ecology and Evolution*, 20, 503-510. doi:10.1016/j.tree.2005.05.011
459. Ponomaryova, E. A., & Bessonova, V. P. (2010). Analysis of crowns renewal of *Tilia platyphyllos* and *Tilia cordata* after deep rejuvenated pruning. *Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology, ecology*. 18(2), 76-80.
460. Pourkhabbaz, A., Rastin N., Olbrich A., Langenfeld-Heysen R., & Polle A. (2010). Influence of Environmental Pollution on Leaf Properties of Urban Plane Trees, *Platanus orientalis* L. *Bull Environ Contam Toxicol*, 85(3), 251-255. doi: 10.1007/s00128-010-0047-4
461. Pöykiö, R., & Torvela, H. (2001). Pine needles (*Pinus sylvestris* L.) as a bioindicator of sulphur and heavy metal deposition in the area around a pulp and paper mill complex at Kemi, Northern Finland. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 79, 143-154. doi: 10.1080/03067310108035906
462. Prysedskyj, Y. (2017). Influence of air pollution by compounds of fluorine, sulphur and nitrogen on changes of peroxidase and polyphenol oxidase activity in the leaves of trees and bushes. *Biosystems Diversity*, 25(3), 216-221. doi:10.15421/01173

463. Ragothaman, A., & Anderson, W. A. (2017). Air Quality Impacts of Petroleum Refining and Petrochemical Industries. *Environments*, 4(66), 1-16 doi:10.3390/environments4030066
464. Rahul, J., & Kumar Jain, M. (2014). An Investigation in to the Impact of Particulate Matter on Vegetation along the National Highway: A Review. *Research Journal of Environmental Sciences*, 8, 356-372. doi: 10.3923/rjes.2014.356.372
465. Rhimi, N., Ben Ahmed, C., Elloumi, N., Athar, H. R., Noreen, S., Ashraf, M., Ben Abdallah, F., & Ben Nasry-Ayachi, M. (2016). Morpho-anatomical and physiological changes in grapevine leaves exposed to atmospheric pollution. *Applied ecology and environmental reserch*, 14(5), 77-89. doi: 10.15666/aeer/1405_077089
466. Roberts, B. R. (1974). Foliar sorption of atmospheric sulfur dioxide by woody plants. *Environmental Pollution*, 7(2), 133-140. doi.org/10.1016/0013-9327(74)90080-9
467. Rostunov, A., Konchina, T., Zhestkova, E., Gusev, D., & Kharitono, S. (2017). The Dependence of Morphological and Physiological Indicators of the Leaves of Woody Plants on the Degree of Technogenic Pollution. Proceedings of the 11th International Scientific and Practical Conference. *Environment. Technology. Resources, Rezekne, Latvia*. I, 235-239. doi: 10.17770/etr2017vol1.2516
468. Sahu, K. K., Alex, Th. C., Mishra, D., & Agrawal, A. (2006). An overview on the production of pigment grade titania from titania-rich slag. *Waste Management & Research*. 24, 74-79. doi: 10.1177/0734242X06061016
469. Sandner, T. M., Zverev, V., & Kozlov, M. V. (2019). Can the use of landmarks improve the suitability of fluctuating asymmetry in plant leaves as an indicator of stress? *Ecological indicators*, 97, 457-465 doi:10.1016/j.ecolind.2018.10.038
470. Schreuder, M. D. J., & Brewer, C. A. (2001). Effects of short-term, high exposure to chlorine gas on morphology and physiology of *Pinus ponderosa* and *Pseudotsuga menziesii*. *Annals of Botany*. 88(2). 187-195. doi: 10.1006/anbo.2001.1442

471. Schreuder, M. D. J., & Brewer, C. A. (2001). Persistent Effects of Short-term, High Exposure to Chlorine Gas on Physiology and Growth of *Pinus ponderosa* and *Pseudotsuga menziesii*. *Annals of Botany*, 88(2), 197-206. doi: 10.1006/anbo.2001.1443
472. Shannon, C. B., & Weaver, W. (1963). *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana (Illinois), Univ. of Illinois Press.
473. Shparyk, Y. S., & Partan, V. I. (2004). Heavy metal pollution and forest health in the Ukrainian Carpathians. *Environ. Pollut.*, 130, 55-63.
474. Schiff, J. A., & Hodson R. C. (1973). The metabolism of sulfate. *Annual Review of Plant Biology*, 24, 381-414. doi:10.1146/annurev.pp.24.060173.002121
475. Schwela, D. (2000). Air pollution and health in urban areas. *Reviews on environmental health*, 15(1-2), 13-42. doi: 10.1515/REVEH.2000.15.1-2.13
476. Semadi, A., & De Cormis, L. (1986). Influence de la pollution atmospherique fluoree sur la vegetation de la region d'Annaba (Algerie). *Pollution Atmosphérique* (1-3), 24-30.
477. Seung-Ki, B., Jin-Ho, S., Young-Ho, M. Young-Hee, K., Kwang-Seol, S., Geum-Ju, S., Yong-Chil, S. (2017). Mercury distribution characteristics in primary manganese smelting plants. *Environmental Pollution*, 227, 357-363. doi:10.1016/j.envpol.2017.04.097
478. Seyyednejad, S. M., Niknejad, M., Koochak, H. (2011). A Review of Some Different Effects of Air Pollution on Plants. *Research Journal of Environmental Sciences*, 5, 302-309. doi: 10.3923/rjes.2011.302.309
479. Shupranova, L. V., Lykholat, Y. V., Khromikh, N. O., Grytzaj, Z. V., Alexeyeva, A. A., & Bilchuk, V. S. (2017). Reaction of photosynthetic apparatus of a representative of extrazonal steppe plants *Quercus robur* to air pollution by motor vehicle emissions. *Biosystems Diversity*, 25(4), 268-273. doi:10.15421/011741
480. Sidhu, S. S. (1979) Fluoride Levels in Air, Vegetation and Soil in the Vicinity of a Phosphorus Plant. *Journal of the Air Pollution Control Association*, 29(10), 1069-1072. doi: 10.1080/00022470.1979.10470899
481. Silva, H. V., Alves-Silva, E., & Santos, J. C. (2016). On the relationship

between fluctuating asymmetry, sunlight exposure, leaf damage and flower set in *Miconia fallax* (Melastomataceae). *Tropical Ecology*, 57(3), 419-427.

482. Simon, E. I., Braun, M., Vidic, A., Bogyó, D., Fábrián, I., & Tóthmérész, B. (2011). Air pollution assessment based on elemental concentration of leaves tissue and foliage dust along an urbanization gradient in Vienna. *Environ Pollut.*, 159(5), 1229-1233. doi: 10.1016/j.envpol.2011.01.034.

483. Simpson, E. H. (1949). Measurement of diversity. *Nature*, London, 163(4148), 668.

484. Sklyarenko, A. V., & Bessonova, V. P. (2018). Accumulation of sulfur and glutathione in leaves of woody plants growing under the conditions of outdoor air pollution by sulfur dioxide. *Biosystems Diversity*, 26(4), 334-338. doi:10.15421/011849

485. Sklyarenko, A. V., & Bessonova, V. P. (2019). Species diversity of tree plantations in industrial enterprise protective zones (Zaporizhzhya, Ukraine). *Acta Biologica Sibirica*, 5 (1), 167-174.

486. Sklyarenko, A. V. (2020). Trade-offs in the process of enrichment of tree plantations in sanitary protection zones of enterprises regarding the peculiarities of potential accumulation of toxicants in the leaves of trees. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 6(1), 89-99.

487. Skrynetska, I., Ciepał, R., Kandziora-Ciupa, M., Barczyk, G., & Nadgórska-Socha, A. (2018). Ecophysiological Responses to Environmental Pollution of Selected Plant Species in an Industrial Urban Area International. *Journal of Environmental Research*, 12 (2), 255-267.

488. Stratu, A., Costică, N., & Costică, M. (2016). Wooden species in the urban green areas and their role in improving the quality of the environment. *Present Environment and Sustainable Development*, 10(2), 173-184. doi:10.1515/pesd-2016-0035

489. Subba, J. R., Thammakhet, C., Thavarungkul, P., & Kanatharana, P. (2016). Distributions of SO₂ and NO₂ in the lower atmosphere of an industrial area in Bhutan. *Journal of Environmental Science and Health, Part A. Toxic/Hazardous*

Substances and Environmental Engineering. 51 (14), 1278-128.
doi.org/10.1080/10934529.2016.1215196

490. Suleimanov, I. F., Mavrin, G. V., Kharlyamov, D. A., Belyaev, E. I. & Mansurova, A. I. (2015). Pollution of the Air Basin in the Cities by Motor Transport and the Industrial Enterprises, Quality Assessment of Atmospheric Air with the Use of Calculation Methods and Instrumental Control. Published by Canadian Center of Science and Education. *Modern Applied Science*, 9(4), 12-20. doi:10.5539/mas.v9n4p.

491. Sun, L., Liao, X., Yan, X., Zhu, G., & Ma, D. (2014). Evaluation of heavy metal and polycyclic aromatic hydrocarbons accumulation in plants from typical industrial sites: potential candidate in phytoremediation for co-contamination. *Environmental Science and Pollution Research*, 21(21), 12494-12504. doi: 10.1007/s11356-014-3171-6

492. Swain, T., Hillis, W. E. (1959). The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I.—The quantitative analysis of phenolic constituents. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 10(1), 63-68. doi:10.1002/jsfa.2740100110

493. Szostek, R., Ciec ko, Z. (2017). Effect of soil contamination with fluorine on the yield and content of nitrogen forms in the biomass of crops. *Environ Sci Pollut Res Int*. 24(9), 8588-8601. doi: 10.1007/s11356-017-8523-6

494. Tangahu, B. V., Abdullah, S. R. Sh., Basri, H., Idris, M., Anuar, N., & Mukhlisin, M. (2011). A Review on Heavy Metals (As, Pb, and Hg) Uptake by Plants through Phytoremediation. *International Journal of Chemical Engineering*, 2011(2011), 1-31. doi:10.1155/2011/939161.

495. Taylor, R. J., & Basabe, F. A. (1984). Patterns of Fluoride accumulation and growth reduction exhibited by Douglas Fir in the vicinity of an aluminum reduction plant. *Environmental Pollution Series A, Ecological and Biological*, 33(3), 221-235. doi:10.1016/0143-1471(84)90012-6

496. Thompson, L. K, Sidhu, S. S, & Roberts, B. A. (1979). Fluoride accumulation in soil and vegetation in the vicinity of a phosphorus plant. *Environ Pollut*, 18, 221-224. doi: 10.1016/0013-9327(79)90104-6

497. Tripodo, P., Andelini, R., Mazzoleni, S., & Nanes, F. (1992). Foliar peroxidase activity and sulfhate contontis as indicators of the urban pollution dimate. *Annals of Botany*, 50, 49-61.
498. Tuygun, G. T., Altuğ, H., Elbir, T., & Gaga, E. E. (2017). Modeling of air pollutant concentrations in an industrial region of Turkey. *Environmental Science and Pollution Research international*, 24 (9), 8230-8241. doi: 10.1007 / s11356-017-8492-9.
499. Ugolini, F., Tognetti, R., Raschi, A., & Bacci L. (2013). *Quercus ilex* L. as bioaccumulator for heavy metals in urban areas: Effectiveness of leaf washing with distilled water and considerations on the trees distance from traffic. Elsevier. *Urban Forestry & Urban Greening*, 12(4), 576-584. doi:10.1016/j.ufug.2013.05.007
500. Uka, U. N., Hogarh, J., & Belford, E. J. D. (2017). Morpho-Anatomical and Biochemical Responses of Plants to Air Pollution. *International Journal of Modern Botany*, 1. 7(1), 1-11. doi: 10.5923/j.ijmb.20170701.01.
501. Ustin, S. L., & Gamon, J. A. (2010). Remote sensing of plant functional types. *New Phytologist.*, 186(4), 795-816. doi: 10.1111/j.1469-8137.2010.03284.x.
502. Vehviläinen, H., Koricheva, J., & Ruohomäki, K. (2007). Tree species diversity influences herbivore abundance and damage: meta-analysis of long-term forest experiments. *Oecologia*, 152, 287-298. doi:10.1007/s00442-007-0673-7
503. Vijayan, R., & Bedi, S. J. (1989). Effect of chlorine pollution on three fruit tree species at ranoli near Baroda, India. *Environmental Pollution*, 57(2), 97-102. doi: 10.1016/0269-7491(89)90002-X
504. Vike, E. (1999). Air-pollutant dispersal patterns and vegetation damage in the vicinity of three aluminium smelters in Norway. *Science of The Total Environment*, 236, 1–3, 75-90. doi:10.1016/S0048-9697(99)00268-5
505. Vike, E. (1995). Håbjørg Atle. Variation in fluoride content and leaf injury on plants associated with three aluminium smelters in Norway. *Science of The Total Environment*. 163, 1-3, 25-34. doi: 10.1016/0048-9697(95)04497-O
506. Vike, E. (2005). Uptake, Deposition and Wash Off of Fluoride and Aluminium in Plant Foliage in the Vicinity of an Aluminium Smelter in Norway. *Water, Air, and Soil Pollution*. 160(1-4), 145-159. doi:10.1007/s11270-005-3862-1

507. Vogl, M., & Börtitz, S. (1965). Physicologische und biochemische Beiträge zur Rauchschaadenforschung. *Biol. Zentralblatt*, 84(6), 31-50.
508. Wang, K., Tian, H., Hua, Sh., Zhu, Ch., Gao, J., Xueac, Y., Haod, J., Wangab, Y., & Zhouab, J. (2016). A comprehensive emission inventory of multiple air pollutants from iron and steel industry in China: Temporal trends and spatial variation characteristics. *Science of The Total Environment*, 559, 7-14. doi:10.1016/j.scitotenv.2016.03.125
509. Weinstein, L. H., & Davison, A. W. (2003). Native plant species suitable as bioindicators and biomonitors for airborne fluoride. *Environmental Pollution*, 125(1), 3-11. doi:10.1016/S0269-7491(03)00090-3
510. Wei, X., Lyu, S., Yu, Y., Wang, Z., Liu, H., Pan, D., & Chen, J. (2017) Phylloremediation of Air Pollutants: Exploiting the Potential of Plant Leaves and Leaf-Associated Microbes. *Frontiers in Plant Science*, 8(1318), 1-23. doi: 10.3389/fpls.2017.01318
511. White, P. J., & Broadley, M. R. (2001). Chloride in Soils and its Uptake and Movement within the Plant: A Review. *Annals of Botany*, 88, 967-988. doi: 10.1006/anbo.2001.1540
512. Williams, C. R., & Harrison, R. M. (1984) Cadmium in the atmosphere. *Experientia*, 40(1), 29-36. doi:10.1007/BF01959099
513. Wu, X., Zhao, L., Zhang, Y., Zheng, Ch., Gao, X., Cen, K. (2015). Primary Air Pollutant Emissions and Future Prediction of Iron and Steel Industry in China. *Aerosol and Air Quality Research*, 15, 1422-1432. doi: 10.4209/aaqr.2015.01.0029
514. Wu, Q., Gao, W., Wang, S., & Hao, J. (2017). Updated atmospheric speciated mercury emissions from iron and steel production in China during 2000-2015. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 17(17), 10423-10433. doi:10.5194/acp-17-10423-2017
515. Xue, J., & Su, B. (2017). Significant Remote Sensing Vegetation Indices: A Review of Developments and Applications. *Journal of Sensors*, 2017, 1-17. doi:10.1155/2017/1353691

516. Yang, H., Liu, Y., Liu, J., Wang, Y., & Tao, Sh. (2018). The roles of the metallurgy, nonmetal products and chemical industry sectors in air pollutant emissions in China. *Environmental Research Letters*, 13(8), 1-11.

517. Zhang, X., Zhou, P., Zhang, W., Zhang, W., & Wang Y. (2013). Selection of Landscape Tree Species of Tolerant to Sulfur Dioxide Pollution in Subtropical China. *Open Journal of Forestry*, 3(4), 104-108. doi:10.4236/ojf.2013.34017.

518. Zimny, H. (1984). Ecological Effects of Industrial Pollutants and Their Effect on Cultivated Plants. *Studies in Environmental Science*, 23, 79-91. doi:10.1016/S0166-1116(08)71218-4

519. Zuber, R., Tschannen, W. & Bovay, E. (1981). Contrôle de la teneur en fluor des feuilles d'abricotiers de la vallée du Rhône de 1974 à 1980. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic*, 13(3), 131-138.

520. Zverev, V., Lama, A. D., & Kozlov, M. (2018). Fluctuating asymmetry of birch leaves did not increase with pollution and drought stress in a controlled experiment. *Ecological indicators*, 84, 283-289. doi:10.1016/j.ecolind.2017.08.058

Додаток А



Рис. А.1. Щільний підріст у насадженні СЗЗ заводу Склофлюс



Рис. А.2. Захисне насадження СЗЗ Коксохімічного підприємства

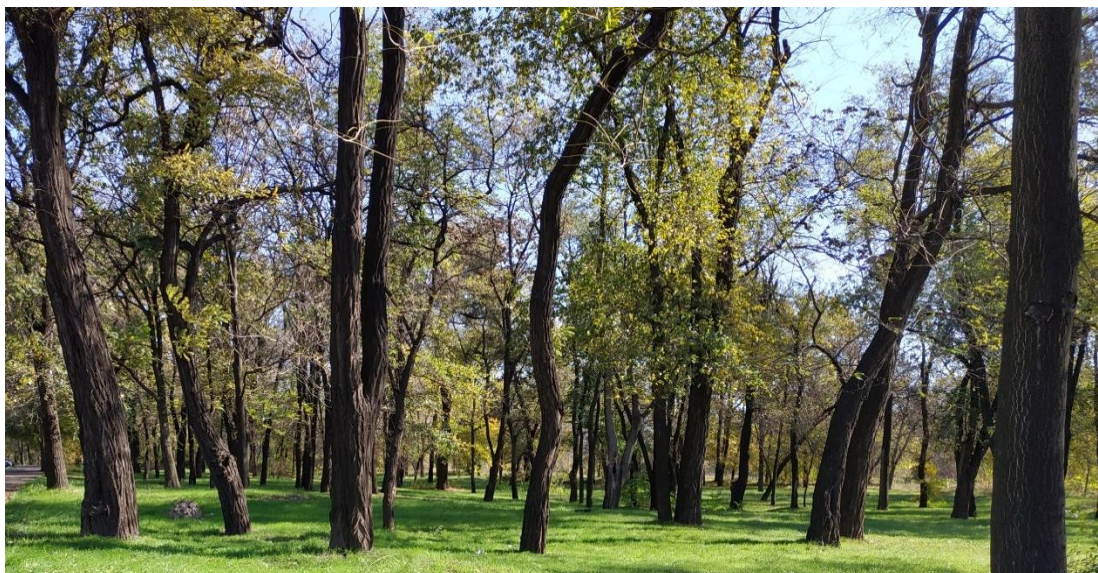


Рис. А.3. Ділянка 1 захисного насадження СЗЗ заводу Запоріжсталь



Рис. А.4 Занедбана частина ділянки 1 насадження захисної зони підприємства Запоріжсталь

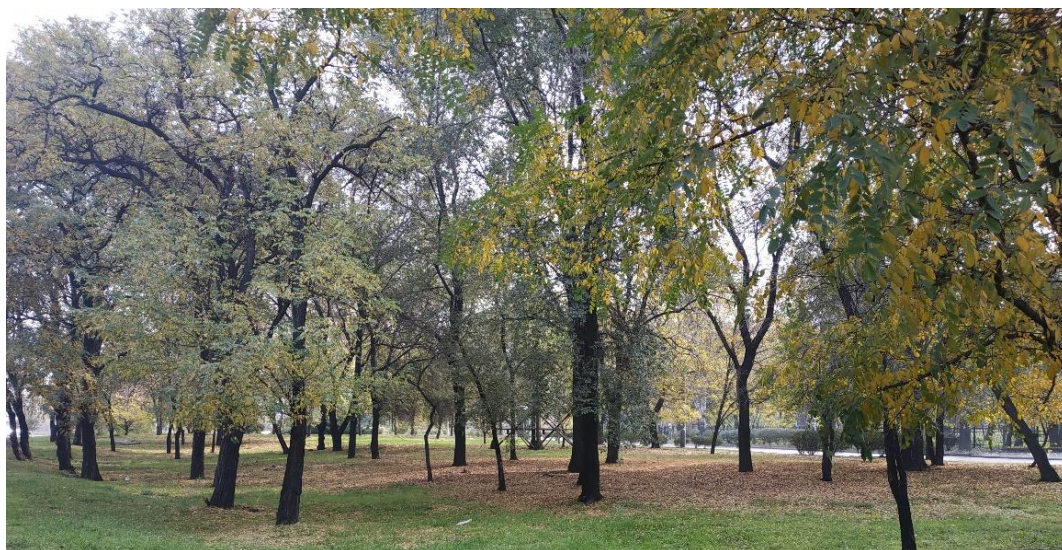


Рис. А.5 Зелене насадження СЗЗ заводу Укрграфіт (Ділянка 2)

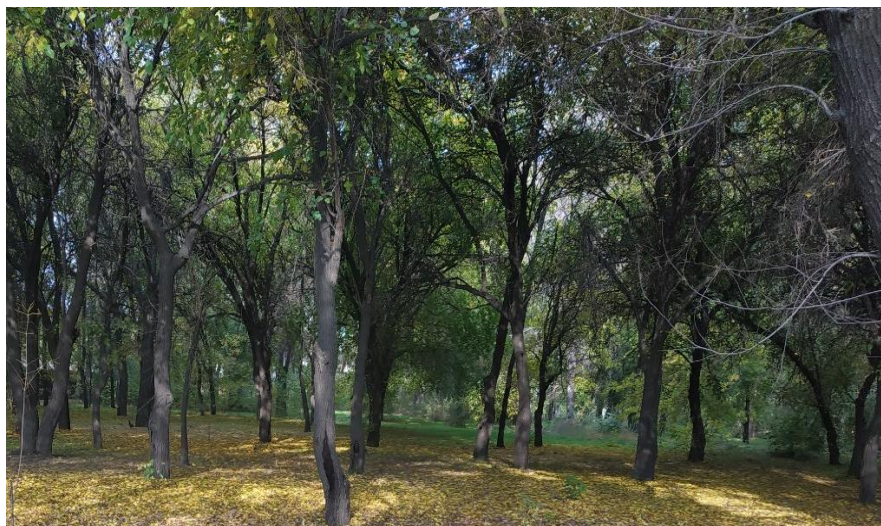


Рис. А.6. Зелене насадження СЗЗ заводу Укрграфіт (Ділянка 3)

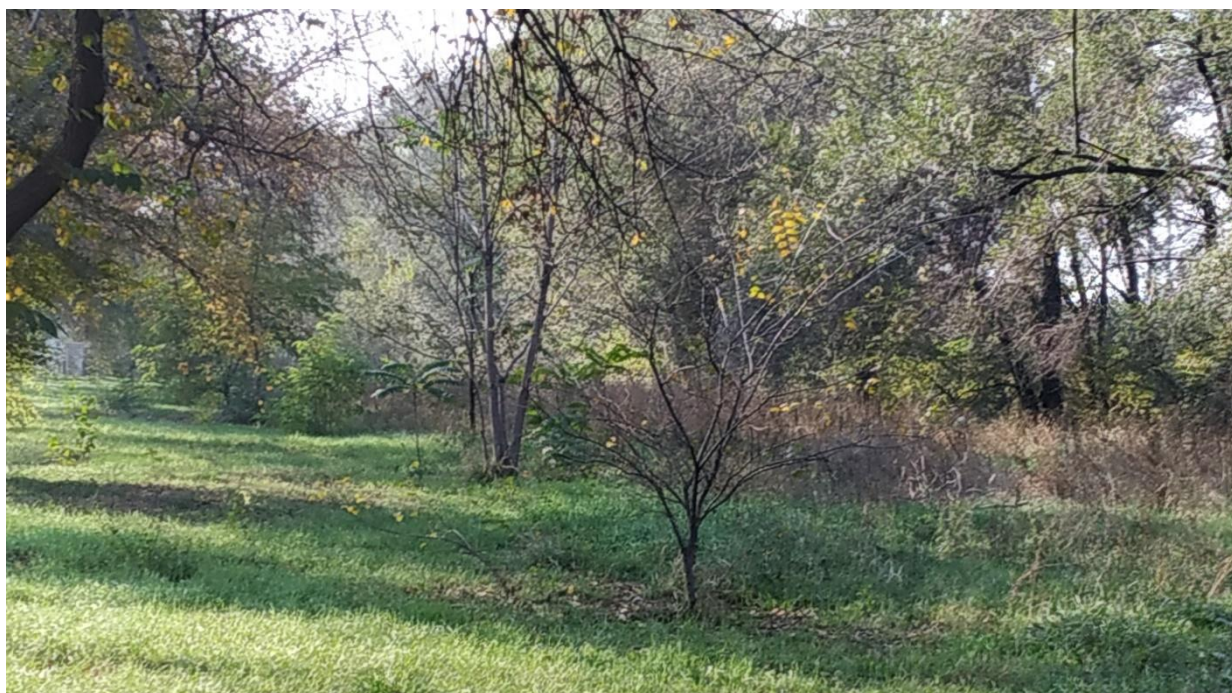


Рис. А.7 Зелене насадження СЗЗ Феросплавного заводу



Рис. А.8 Зелені насадження СЗЗ Трансформаторного заводу (перед прохідною)

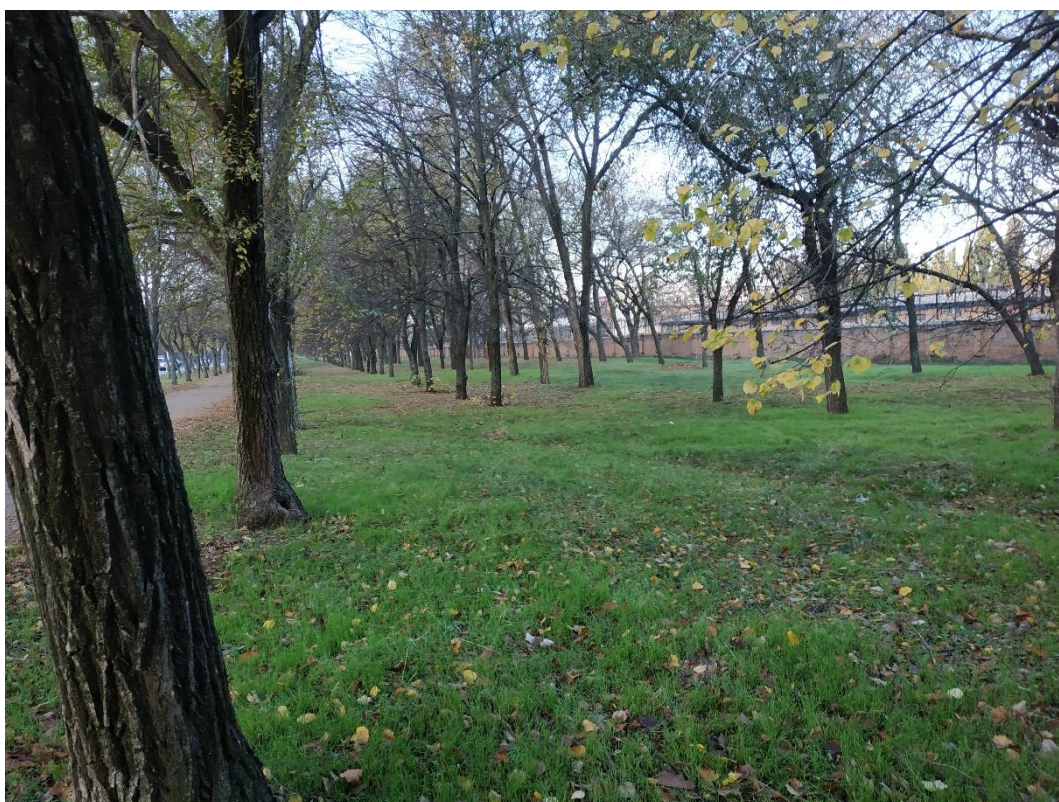


Рис А.9 Зелені насадження СЗЗ Трансформаторного заводу



Рис. А.10 Зелені насадження СЗЗ Алюмінієвого комбінату



Рис. А.11. Зелені насадження СЗЗ підприємства Вогнетрив



Рис. А.12. Зелене насадження СЗЗ підприємства Дніпроспецсталь



Рис. А.13 Зелене насадження СЗЗ Титано-магнієвого комбінату (ділянка, зі щільним підростом)

Таблиця А.1

Первинний ареал деревного асортименту зелених насаджень СЗЗ Запорізького промислового регіону

| № п/п | Назва рослин | походження | СЗЗ підприємств | | | | | | | | | | |
|-------|-------------------------------|------------|-----------------|-----------|-----------|-----------|----------|------------|---------|---------|------------|-----------|-----------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1 | <i>Acer negundo</i> | Інтр. | 89/3,80 | | | 2/0,17 | 13/0,61 | 4/0,09 | | | 1732/37,87 | 156/9,37 | 762/27,50 |
| 2 | <i>Acer platanoides</i> | Аб. | 8/0,34 | 5/0,51 | | 13/1,14 | 16/0,76 | 19/0,42 | | | | 187/11,23 | 76/2,74 |
| 3 | <i>Acer pseudoplatanus</i> | Аб. | | | 2/0,24 | | | | 2/0,18 | | 11/0,24 | | |
| 4 | <i>Acer saccharinum</i> | Інтр. | | | | | 4/0,19 | 1/0,02 | | | | 80/4,80 | |
| 5 | <i>Aesculus hippocastanum</i> | Інтр. | 10/0,43 | | | | 3/0,14 | 51/1,12 | 11/1,01 | | 45/0,98 | 63/3,78 | 16/0,58 |
| 6 | <i>Ailanthus altissima</i> | Інтр. | 44/1,88 | 178/18,20 | 149/18,13 | 53/4,65 | 43/2,03 | | 27/2,48 | 10/0,85 | 116/2,54 | 15/0,90 | 68/2,45 |
| 7 | <i>Armeniaca vulgaris</i> | Інтр. | | | | | 4/0,19 | 1/0,02 | | | 2/0,04 | 5/0,30 | |
| 8 | <i>Betula pendula</i> | Аб. | 24/1,03 | 46/4,70 | | | 44/2,08 | | 2/0,18 | 2/0,17 | 17/0,37 | 66/3,96 | 11/0,40 |
| 9 | <i>Catalpa bignonioides</i> | Інтр. | | 139/14,21 | | 1/0,09 | 25/1,18 | 105/2,30 | 16/1,47 | 11/0,93 | 3/0,07 | 2/0,12 | 5/0,18 |
| 10 | <i>Cornus mas</i> | Аб. | | | | | | 3/0,07 | | | 10/0,22 | 3/0,18 | |
| 11 | <i>Cotinus coggygia</i> | Аб. | | | | | | | | | | 172/10,33 | |
| 12 | <i>Daphne mezereum</i> | Аб. | | | 27/3,28 | 85/7,45 | | 3232/70,75 | 56/5,14 | 5/0,42 | 25/0,55 | | |
| 13 | <i>Elaeagnus angustifolia</i> | Аб. | | 1/0,10 | | 1/0,09 | | 2/0,04 | | 2/0,17 | 10/0,22 | | 6/0,22 |
| 14 | <i>Forsythia suspensa</i> | Інтр. | | | | | 7/0,33 | | | | | | |
| 15 | <i>Fraxinus lanceolata</i> | Інтр. | 13/0,56 | | | 37/3,25 | | | 57/5,23 | 2/0,17 | 4/0,09 | 14/0,84 | 6/0,22 |
| 16 | <i>Hibiscus syriacus</i> | Інтр. | | | | 4/0,35 | | | | | | | |
| 17 | <i>Juglans regia</i> | Інтр. | 10/0,43 | | | 9/0,79 | 22/1,04 | 7/0,15 | | | | 10/0,60 | 2/0,07 |
| 18 | <i>Juniperus sabina</i> | Аб. | | | | 6/0,53 | | | 54/4,95 | | | | 1/0,04 |
| 19 | <i>Malus domestica</i> | Інтр. | | | | 4/0,35 | | | | 1/0,08 | | | |
| 20 | <i>Malus silvestris</i> | Аб. | | | | | | | | | 6/0,13 | 8/0,48 | |
| 21 | <i>Morus alba</i> | Інтр. | 12/0,51 | 39/3,99 | 11/1,34 | 116/10,18 | 20/0,95 | 3/0,07 | 9/0,83 | 5/0,42 | 2/0,04 | | 18/0,65 |
| 22 | <i>Picea abies</i> | Аб. | 11/0,47 | | | | 6/0,28 | 2/0,04 | | | 2/0,04 | 33/1,98 | 3/0,11 |
| 23 | <i>Picea pungens</i> | Інтр. | 10/0,43 | | | | 16/0,76 | 9/0,20 | 13/1,19 | | 1/0,02 | | 10/0,36 |
| 24 | <i>Pinus sylvestris</i> | Аб. | | | | | | | | | | 13/0,78 | |
| 25 | <i>Platanus acerifolia</i> | Інтр. | | | | | 4/0,19 | | 1/0,09 | | | 10/0,60 | 1/0,04 |
| 26 | <i>Populus alba</i> | Інтр. | 34/1,45 | 8/0,82 | 2/0,24 | 70/6,14 | 17/0,80 | 317/6,94 | 29/2,66 | 8/0,68 | 57/1,25 | | 293/10,57 |
| 27 | <i>Populus balsamifera</i> | Інтр. | | | | | | | | | 1/0,02 | | |
| 28 | <i>Populus nigra</i> | Аб. | 20/0,85 | | | 3/0,26 | 1/0,05 | 49/1,07 | 5/0,46 | | 5/0,11 | 30/1,80 | 48/1,73 |
| 29 | <i>Populus pyramidalis</i> | Інтр. | | | | 1/0,09 | | | | | | 134/8,05 | |
| 30 | <i>Populus simonii</i> | Інтр. | 75/3,21 | 2/0,21 | 1/0,12 | 4/0,35 | 203/9,59 | | 1/0,09 | | 108/2,36 | | 40/1,44 |
| 31 | <i>Prunus tomentosa</i> | Інтр. | | | | 1/0,09 | | | | | 1/0,02 | | |
| 32 | <i>Pyrus communis</i> | Аб. | | | 1/0,12 | 1/0,09 | 1/0,05 | 1/0,02 | | | 2/0,04 | | |
| 33 | <i>Quercus robur</i> | Аб. | | 1/0,10 | | | | | 3/0,28 | | | 112/6,73 | |

Подовження таблиця А.1

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|-----------------------------|-------|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|
| 34 | <i>Robinia pseudoacacia</i> | Інтр. | 578/24,70 | 164/16,77 | 25/3,04 | 365/32,02 | 779/36,81 | 548/12,00 | 348/31,93 | 478/40,4 | 903/19,74 | 86/5,17 | 679/24,50 |
| 35 | <i>Rosa canina</i> | Аб. | | | | 1/0,09 | | | | | 1/0,02 | | 40/1,44 |
| 36 | <i>Salix alba</i> | Аб. | 1/0,04 | | | 2/0,17 | 2/0,09 | | 15/1,38 | 1/0,08 | | | 1/0,04 |
| 37 | <i>Sambucus nigra</i> | Аб. | | | | | | | | | 6/0,13 | | |
| 38 | <i>Sophora japonica</i> | Інтр. | | | | | | | | | | 10/0,60 | |
| 39 | <i>Sorbus aucuparia</i> | Аб. | | | | | | | 2/0,18 | | | 18/1,08 | |
| 40 | <i>Spiraea vanhouttei</i> | Інтр. | | | | | 111/5,25 | 20/0,44 | | | 114/2,49 | 23/1,38 | |
| 41 | <i>Symphoricarpos albus</i> | Інтр. | | | | 95/8,33 | | | | | | | |
| 42 | <i>Syringa vulgaris</i> | Інтр. | | | | 4/0,35 | | | 1/0,09 | | | | |
| 43 | <i>Thuja occidentalis</i> | Інтр. | 30/1,28 | | | | 60/2,84 | | 25/2,29 | | 15/0,33 | | |
| 44 | <i>Thuja orientalis</i> | Інтр. | 1/0,04 | | | 4/0,35 | | | 6/0,55 | | 9/0,20 | 23/1,38 | |
| 45 | <i>Tilia cordata</i> | Аб. | 3/0,13 | | | 7/0,61 | 29/1,37 | | 14/1,29 | | 5/0,11 | 264/15,86 | 2/0,07 |
| 46 | <i>Ulmus laevis</i> | Аб. | 24/1,03 | 110/11,25 | 10/1,22 | 61/5,35 | 3/0,14 | | 32/2,94 | | | | |
| 47 | <i>Ulmus carpinifolia</i> | Інтр. | 1314/ 56,15 | | 30/3,65 | 183/16,05 | 627/29,63 | 162/3,55 | 361/43,12 | 27/2,28 | 1311/28,66 | | 669/24,14 |
| 48 | <i>Ulmus parvifolia</i> | Інтр. | | 277/28,32 | 564/68,61 | | | | | 631/53,34 | | 128/7,69 | |
| 49 | <i>Ulmus glabra</i> | Аб. | | | | | | | | | 13/0,28 | | |

Примітки: 1 – Титано-магнієвий; 2 – Коксохімічний; 3 – Склофлюс; 4 – Укрграфіт; 5 – Дніпроспецсталь; 6 – Абразивний; 7 – Алюмінієвий 8 – Феросплавний; 9 – Запоріжсталь; 10 – Трансформаторний; 11 – Вогнетрив.

Додаток Б

Таблиця Б.1

Розподіл дерев за діаметрами стовбурів у насадженнях СЗЗ Коксохімічного заводу

| Діа- метр, см | Всього шт | Вид | | | | | | | | | | | |
|---------------------|---------------|--------------|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------|-----------|--------------|------------|-------------|-------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 4–8 | 57/ 5,88 | 14/ 7,86 | | 26/ 56,52 | 4/ 3,64 | 2/ 0,72 | 1/ 0,72 | 2/ 40 | | 8/ 4,88 | | | |
| 8,1–12 | 144/ 14,85 | 71/ 39,89 | | 20/ 43,48 | 17/ 15,45 | 9/ 3,25 | 22/ 15,83 | 1/ 20 | | 4/ 2,44 | | | |
| 12,1–16 | 69/ 7,11 | 27/ 15,17 | 1/ 100 | | 11/10 | 18/ 6,50 | 8/ 5,76 | | | 4/ 2,44 | | | |
| 16,1–20 | 99/ 10,21 | 26/ 14,61 | | | 15/ 13,64 | 34/ 12,27 | 8/ 5,76 | 2/ 40 | | 10/ 6,10 | 2/ 100 | | 2/ 5,13 |
| 20,1–24 | 72/ 7,42 | 9/ 5,06 | | | 10/ 9,09 | 37/ 13,36 | 10/ 7,19 | | 1/ 100 | 5/ 3,05 | | | |
| 24,1–28 | 52/ 5,36 | 4/ 2,25 | | | 7/ 6,36 | 22/ 7,94 | 6/ 4,32 | | | 13/ 7,93 | | | |
| 28,1–32 | 98/ 10,10 | 8/ 4,49 | | | 20/ 18,18 | 42/ 15,16 | 10/ 7,19 | | | 17/ 10,37 | | | 1/ 2,56 |
| 32,1–36 | 73/ 7,53 | 8/ 4,49 | | | 8/ 7,27 | 34/ 12,27 | 9/ 6,47 | | | 13/ 7,93 | | | 1/ 2,56 |
| 36,1–40 | 88/ 9,07 | 6/ 3,37 | | | 7/ 6,36 | 27/ 9,75 | 30/ 21,58 | | | 13/ 7,93 | | | 5/ 12,82 |
| 40,1–44 | 55/ 5,67 | 4/ 2,25 | | | 4/ 3,64 | 16/ 5,78 | 22/ 15,83 | | | 7/ 4,27 | | | 2/ 2,13 |
| 44,1–48 | 20/ 2,06 | | | | 2/ 1,82 | 5/ 1,81 | 6/ 4,32 | | | 6/ 3,65 | | | 1/ 2,56 |
| 48,1–52 | 23/ 2,37 | | | | 1/ 0,91 | 11/ 3,97 | 4/ 2,88 | | | 5/ 3,05 | | | 2/ 5,13 |
| 52,1–56 | 18/ 1,86 | | | | 2/ 1,82 | 6/ 2,17 | | | | 9/ 5,49 | | | 1/ 2,56 |
| 56,1–60 | 15/ 1,55 | 1/ 0,56 | | | 1/ 0,91 | 2/ 0,72 | 1/ 0,72 | | | 6/ 3,65 | 1/ 12,5 | 3/ 7,70 | |
| 60,1–64 | 11/ 1,13 | | | | | 1/ 0,36 | 2/ 1,44 | | | 7/ 4,27 | | | 1/ 2,56 |
| 64,1–68 | 8/0,82 | | | | | 1/ 0,36 | | | | 3/ 1,83 | | | 4/ 10,26 |
| 68,1–72 | 28/ 2,89 | | | | 1/ 0,91 | 6/ 2,17 | | | | 12/ 7,32 | 3/ 37,5 | 6/ 15,39 | |
| 72,1–76 | 12/ 1,24 | | | | | 1/ 0,36 | | | | 6/ 3,65 | | | 5/ 12,82 |
| 76,1–80 | 11/ 1,13 | | | | | 1/ 0,36 | | | | 7/ 4,27 | | | 3/ 7,70 |
| 80,1–84 | 11/ 1,13 | | | | | 1/ 0,36 | | | | 6/ 3,65 | 3/ 37,5 | 1/ 2,56 | |
| 84,1–88 | 1/ 0,10 | | | | | | | | | | | | 1/ 2,56 |
| 88,1–92 | 2/0,21 | | | | | 1/ 0,36 | | | | | 1/ 12,5 | | |
| 98,1–102 | 3/0,31 | | | | | | | | | 3/ 1,83 | | | |

Примітка: 1 – *Ailanthus altissima*; 2 – *Quercus robur*; 3 – *Betula pendula*; 4 – *Ulmus laevis*; 5 – *Ulmus parvifolia*; 6 – *Catalpa bignonioides*; 7 – *Acer platanoides*; 8 – *Elaeagnus angustifolia*; 9 – *Robinia pseudoacacia*; 10 – *Populus balsamifera*; 11 – *Populus alba*; 12 – *Morus alba*. Рослини діаметром 92,1 – 98,1 см відсутні. Чисельник – кількість дерев, шт; знаменник – % від числа рослин даного виду

Таблиця Б.2

Розподіл дерев за діаметром у у насадженнях СЗЗ підприємства Склофлюс

| Діа- метр, см | Всього шт | Вид | | | | | | | | | |
|---------------------|--------------|--------------|--------------|----------|------|------|-------------|-------|------|------|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 4 – 8 | 50/6,29 | 41/ 27,52 | 1/3,33 | 4/0,71 | 4/40 | | | | | | |
| 8,1 – 12 | 55/6,92 | 22/ 14,77 | 11/ 36,67 | 15/2,66 | 6/60 | 1/4 | | | | | |
| 12,1 – 16 | 33/4,15 | 14/ 9,40 | 1/3,33 | 18/3,19 | | | | | | | |
| 16,1 – 20 | 68/8,55 | 16/ 10,74 | 2/6,67 | 49/8,69 | | 1/4 | | | | | |
| 20,1 – 24 | 95/11,95 | 11/ 7,38 | 7/23,33 | 75/13,30 | | | 2/ 18,18 | | | | |
| 24,1 – 28 | 63/7,92 | 8/ 5,37 | 4/13,33 | 51/9,04 | | | | | | | |
| 28,1 – 32 | 82/10,31 | 12/ 8,05 | 1/3,33 | 63/11,17 | | 2/8 | 2/ 18,18 | 1/100 | 1/50 | | |
| 32,1 – 36 | 68/8,55 | 14/ 9,40 | | 49/8,69 | | 1/4 | 3/ 27,27 | | 1/50 | | |
| 36,1 – 40 | 87/10,94 | 6/4,03 | 1/3,33 | 77/13,65 | | 1/4 | 1/9,09 | | | | 1/100 |
| 40,1 – 44 | 47/5,91 | 4/2,68 | 1/3,33 | 41/7,27 | | | 1/9,09 | | | | |
| 44, – 48 | 29/3,65 | 1/0,67 | | 25/4,43 | | 1/4 | 1/9,09 | | | 1/50 | |
| 48,1 – 52 | 32/4,03 | | | 28/4,96 | | 3/12 | | | | 1/50 | |
| 52,1 – 56 | 14/1,76 | | 1/3,33 | 11/1,95 | | 2/8 | | | | | |
| 56,1 – 60 | 29/3,65 | | | 27/4,79 | | 2/8 | | | | | |
| 60,1 – 64 | 17/2,14 | | | 12/2,13 | | 5/20 | | | | | |
| 64,1 – 68 | 6/0,75 | | | 6/1,06 | | | | | | | |
| 68,1 – 72 | 9/1,13 | | | 4/0,71 | | 4/16 | 1/9,09 | | | | |
| 72,1 – 76 | 4/0,50 | | | 2/0,39 | | 2/8 | | | | | |
| 78,1 – 82 | 4/0,50 | | | 4/0,41 | | | | | | | |
| 88,1 – 92 | 3/0,38 | | | 3/0,53 | | | | | | | |

Примітки: 1 – *Ailanthus altissima*; 2 – *Ulmus carpinifolia*; 3 – *Ulmus parvifolia*; 4 – *Ulmus laevis*; 5 – *Robinia pseudoacacia*; 6 – *Morus alba*; 7 – *Pyrus communis*; 8 – *Acer pseudoplatanus*; 9 *Populus alba*; 10 – *Populus simonii*. Рослини діаметром 82,1 – 88,1 см відсутні. Чисельник – кількість дерев, шт; знаменник – % від числа рослин даного виду

Розподіл дерев за діаметрами стовбурів у насадженнях СЗЗ Трансформаторного підприємства

| Вид | Діаметр, см | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|-------------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| | 4–8 | 8,1–12 | 12,1–16 | 16,1–20 | 20,1–24 | 24,1–28 | 28,1–32 | 32,1–36 | 36,1–40 | 40,1–44 | 44,1–48 |
| <i>Acer negundo</i> | | | | 3/1,92 | 21/13,46 | 14/8,97 | 58/37,18 | 31/19,87 | 9/5,77 | 11/7,05 | 8/5,13 |
| <i>Acer platanoides</i> | | | 1/0,53 | 1/0,53 | 5/2,67 | 9/4,81 | 44/23,53 | 26/13,90 | 31/16,58 | 5/2,67 | 1/0,53 |
| <i>Acer saccharinum</i> | | | | 2/2,50 | 6/7,50 | 21/26,25 | 19/23,75 | 6/7,50 | 9/11,25 | 3/3,75 | 1/1,25 |
| <i>Aesculus hippocastanum</i> | | | | 8/12,70 | 13/20,63 | 11/17,46 | 16/25,40 | 3/4,76 | | | 12/19,05 |
| <i>Ailanthus altissima</i> | | | | 1/6,67 | 2/13,33 | 7/46,67 | | | 1/6,67 | | |
| <i>Armeniaca vulgaris</i> | | | 2/40 | 1/20 | 1/20 | 1/20 | | | | | |
| <i>Betula pendula</i> | | | | 3/4,55 | | 52/78,79 | 5/7,58 | 2/3,03 | 3/4,55 | | 1/1,52 |
| <i>Catalpa bignonioides</i> | | | | | 2/100 | | | | | | |
| <i>Cotinus coggygria</i> | | 3/1,74 | 72/41,86 | 57/33,14 | 40/23,26 | | | | | | |
| <i>Fraxinus lanceolata</i> | | | | | 1/7,14 | 2/14,29 | 4/28,57 | 1/7,14 | 1/7,14 | | 2/14,29 |
| <i>Juglans regia</i> | 1/8,33 | | 1/8,33 | 2/16,67 | 2/16,67 | 2/16,67 | 3/25,00 | 1/8,33 | | | |
| <i>Malus silvestris</i> | | | 5/62,50 | 3/37,50 | | | | | | | |
| <i>Picea abies</i> L. | | | 2/6,06 | 7/21,21 | 3/9,09 | 2/6,06 | 10/30,30 | | 9/27,27 | | |
| <i>Pinus sylvestris</i> L. | | | 3/23,08 | | 3/23,08 | 4/30,77 | 3/23,08 | | | | |
| <i>Platanus acerifolia</i> | | | | | 2/20 | 4/40 | 1/10 | 1/10 | 1/10 | | |
| <i>Populus nigra</i> | | | | | | | 1/3,33 | 1/3,33 | | | 2/6,67 |
| <i>Populus pyramidalis</i> | | | | | | 1/0,75 | 13/9,70 | 24/17,91 | 5/3,73 | 17/12,69 | 11/8,21 |
| <i>Quercus robur</i> | | | | | 12/10,71 | 11/9,82 | 28/25,00 | 8/7,14 | 2/1,49 | | 31/27,68 |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | | | 1/1,15 | | | 9/10,34 | 35/40,23 | 4/4,60 | 4/4,60 | 13/14,94 | 4/4,60 |
| <i>Sophora japonica</i> | | | | 2/20 | | 1/10 | 5/50 | | | | |
| <i>Sorbus aucuparia</i> | | 1/5,26 | 4/21,05 | 9/47,37 | 1/5,26 | 4/21,05 | | | | | |
| <i>Thuja orientalis</i> | | 12/42,86 | 1/3,57 | 5/17,86 | 7/25,00 | | 3/10,71 | | | | |
| <i>Tilia cordata</i> | | | | 4/1,52 | 21/7,95 | 118/44,70 | 59/22,35 | 46/17,42 | 7/2,65 | 7/2,65 | 2/0,76 |
| <i>Ulmus parvifolia</i> | | | 1/0,76 | 3/2,29 | 5/3,82 | 10/7,63 | 11/8,40 | 31/23,66 | 29/22,14 | 8/6,11 | 10/7,63 |
| Всього, шт | 1/0,06 | 16/0,97 | 93/5,63 | 111/6,72 | 147/8,90 | 283/17,14 | 318/19,26 | 185/11,21 | 111/6,72 | 64/3,88 | 85/5,15 |

| Вид | Діаметр, см | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 48,1–52 | 52,1–56 | 56,1–60 | 60,1–64 | 64,1–68 | 68,1–72 | 72,1–76 | 76,1–80 | 84,1–88 | 88,1–92 | 92,1–96 |
| <i>Acer negundo</i> | | | 1/0,64 | | | | | | | | |
| <i>Acer platanoides</i> | 40/21,39 | 5/2,67 | 3/1,60 | 10/5,35 | 4/2,14 | | | 1/0,53 | | | 1/0,53 |
| <i>Acer saccharinum</i> | 7/8,75 | | 5/6,25 | | | | | | 1/1,25 | | |
| <i>Aesculus hippocastanum</i> | | | | | | | | | | | |
| <i>Ailanthus altissima</i> | | 1/6,67 | 3/20,00 | | | | | | | | |
| <i>Armeniaca vulgaris</i> | | | | | | | | | | | |
| <i>Betula pendula</i> | | | | | | | | | | | |
| <i>Catalpa bignonioides</i> | | | | | | | | | | | |
| <i>Cotinus coggygria</i> | | | | | | | | | | | |
| <i>Fraxinus lanceolata</i> | 2/14,29 | | 1/7,14 | | | | | | | | |
| <i>Juglans regia</i> | | | | | | | | | | | |
| <i>Malus silvestris</i> | | | | | | | | | | | |
| <i>Picea abies</i> | | | | | | | | | | | |
| <i>Pinus sylvestris</i> | | | | | | | | | | | |
| <i>Platanus acerifolia</i> | | | 1/10 | | | | | | | | |
| <i>Populus nigra</i> | 14/46,67 | 5/16,67 | 2/6,67 | 2/6,67 | 2/6,67 | | | | | | 1/3,33 |
| <i>Populus pyramidalis</i> | 10/7,46 | 5/3,73 | 7/5,22 | 7/5,22 | 11/8,21 | 3/2,24 | 8/5,97 | 8/5,97 | 1/0,75 | | 3/2,24 |
| <i>Quercus robur</i> | 6/5,36 | 11/9,82 | 2/1,79 | | | | | | | 1/0,89 | |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | 9/10,34 | | | 3/3,45 | 1/1,15 | 1/1,15 | 2/2,30 | 1/1,15 | | | |
| <i>Sophora japonica</i> | | | | 2/20 | | | | | | | |
| <i>Sorbus aucuparia</i> | | | | | | | | | | | |
| <i>Thuja orientalis</i> | | | | | | | | | | | |
| <i>Tilia cordata</i> | | | | | | | | | | | |
| <i>Ulmus parvifolia</i> | 15/11,45 | 4/3,05 | 2/1,53 | | 1/0,76 | | 1/0,76 | | | | |
| Всього, шт | 103/6,24 | 31/1,88 | 27/1,64 | 24/1,45 | 19/1,15 | 4/0,24 | 11/0,67 | 10/0,61 | 2/0,12 | 1/0,06 | 5/0,30 |

Примітка: чисельник – кількість дерев, шт.; знаменник – % від числа рослин даного виду

Розподіл дерев за діаметрами стовбурів у насадженнях СЗЗ підприємства Вогнетрив

| Вид | Діаметр, см | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|-------------|---------|---------|---------|----------|----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|---------|
| | 4-8 | 8,1-12 | 12,1-16 | 16,1-20 | 20,1-24 | 24,1-28 | 28,1-32 | 32,1-36 | 36,1-40 | 40,1-44 | 44,1-48 | 48,1-52 |
| <i>Acer negundo +1</i> | 596/78,11 | 23/3,01 | 3/0,39 | 12/1,57 | 27/3,54 | 48/6,29 | 20/2,62 | 27/3,54 | 4/0,52 | 1/0,13 | 1/0,13 | |
| <i>Acer platanoides</i> | 30/39,47 | 6/7,89 | 8/10,53 | 6/7,89 | 10/13,16 | 8/10,53 | 5/6,58 | 2/2,63 | | 1/1,32 | | |
| <i>Aesculus hippocastanum</i> | 15/93,75 | 1/6,25 | | | | | | | | | | |
| <i>Ailanthus altissima</i> | 44/64,71 | 3/4,41 | 7/10,29 | 7/10,29 | 7/10,29 | | | | | | | |
| <i>Betula pendula</i> | | | 1/9,09 | 2/18,18 | 5/45,45 | 1/9,09 | 1/9,09 | 1/9,09 | | | | |
| <i>Catalpa bignonioides</i> | | | 5/100 | | | | | | | | | |
| <i>Elaeagnus angustifolia</i> | 6/100 | | | | | | | | | | | |
| <i>Fraxinus lanceolata</i> | | 3/50 | 1/16,67 | 2/33,33 | | | | | | | | |
| <i>Juglans regia</i> | | | 1/50 | | | | 1/50 | | | | | |
| <i>Morus alba</i> | | 1/5,56 | | 3/16,67 | 7/38,89 | 2/11,11 | 3/16,67 | 2/11,11 | | | | |
| <i>Picea abies</i> | 1/33,33 | 2/66,64 | | | | | | | | | | |
| <i>Picea pungens</i> | 1/10 | 3/30 | 3/30 | 2/20 | 1/10 | | | | | | | |
| <i>Platanus acerifolia</i> | | | | | | | | | | | 1/100 | |
| <i>Populus alba</i> | | 4/1,37 | | 1/0,34 | 3/1,02 | 5/1,71 | 7/2,39 | 35/11,95 | 34/11,6 | 42/14,33 | 65/22,18 | 19/6,48 |
| <i>Populus nigra</i> | | | | | | | | | 2/4,17 | 2/4,17 | 3/6,25 | 1/2,08 |
| <i>Populus Simonii</i> | | | 1/2,5 | 2/5 | 4/10 | 7/17,5 | 8/20 | 12/30 | 4/10 | 1/2,5 | 1/2,5 | |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | 82/12,08 | 1/0,15 | 6/0,88 | 28/4,12 | 66/9,72 | 69/10,16 | 174/25,63 | 151/22,24 | 53/7,81 | 24/3,53 | 14/2,06 | 5/0,74 |
| <i>Salix alba</i> | | | | | | | | 1/100 | | | | |
| <i>Tilia cordata</i> | | 1/50 | | 1/50 | | | | | | | | |
| <i>Ulmus carpinifolia</i> | 101/15,1 | 2/0,3 | 5/0,75 | 13/1,94 | 42/6,28 | 63/9,42 | 75/11,21 | 93/13,9 | 79/11,81 | 70/10,48 | 51/7,62 | 17/2,54 |
| Всього, шт | 876/32,24 | 50/1,84 | 41/1,51 | 79/2,91 | 172/6,33 | 203/7,47 | 294/10,82 | 324/11,92 | 176/6,48 | 141/5,19 | 136/5,01 | 42/1,55 |

| Вид | Діаметр, см | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| | 52,1–56 | 56,1–60 | 60,1–64 | 64,1–68 | 68,1–72 | 72,1–76 | 76,1–80 | 80,1–84 | 84,1–88 | 88,1–92 | 92,1–96 | 96,1–101 |
| <i>Acer negundo</i> | 1/0,13 | | | | | | | | | | | |
| <i>Acer platanoides</i> | | | | | | | | | | | | |
| <i>Aesculus hippocastanum</i> | | | | | | | | | | | | |
| <i>Ailanthus altissima</i> | | | | | | | | | | | | |
| <i>Betula pendula</i> | | | | | | | | | | | | |
| <i>Catalpa bignonioides</i> | | | | | | | | | | | | |
| <i>Elaeagnus angustifolia</i> | | | | | | | | | | | | |
| <i>Fraxinus lanceolata</i> | | | | | | | | | | | | |
| <i>Juglans regia</i> | | | | | | | | | | | | |
| <i>Morus alba</i> | | | | | | | | | | | | |
| <i>Picea abies</i> | | | | | | | | | | | | |
| <i>Picea pungens</i> | | | | | | | | | | | | |
| <i>Platanus acerifolia</i> | | | | | | | | | | | | |
| <i>Populus alba</i> | 17/5,80 | 12/4,10 | 1/0,34 | 14/4,78 | 2/0,68 | 3/1,02 | 4/1,37 | | 8/2,73 | 7/2,39 | 5/1,71 | 5/1,71 |
| <i>Populus nigra</i> | 5/10,42 | 4/8,33 | 3/6,25 | 2/4,17 | 5/10,42 | 1/2,08 | 6/12,5 | 4/8,33 | | 5/10,42 | 2/4,17 | 3/6,25 |
| <i>Populus Simonii</i> | | | | | | | | | | | | |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | 3/0,44 | 1/0,15 | | | | | | | 2/0,29 | | | |
| <i>Salix alba</i> | | | | | | | | | | | | |
| <i>Tilia cordata</i> | | | | | | | | | | | | |
| <i>Ulmus carpinifolia</i> | 23/3,44 | 11/1,64 | 7/1,05 | 7/1,05 | 1/0,15 | 4/0,6 | 3/0,45 | 2/0,3 | | | | |
| Всього, шт | 49/1,8 | 28/1,03 | 11/0,4 | 23/0,85 | 8/0,29 | 8/0,29 | 13/0,48 | 6/0,22 | 10/0,37 | 12/0,44 | 7/0,26 | 8/0,29 |

Примітка: чисельник – кількість дерев, шт.; знаменник – % від числа рослин даного виду

Розподіл дерев за діаметрами стовбурів у насадженнях СЗЗ Титаномагнієвого комбінату

| Вид | Діаметр, см | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|-------------|-----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|---------|---------|
| | 4–8 | 8,1–12 | 12,1–16 | 16,1–20 | 20,1–24 | 24,1–28 | 28,1–32 | 32,1–36 | 36,1–40 | 40,1–44 | 44,1–48 |
| <i>Acer negundo</i> | 39/43,82 | | | 10/11,24 | 11/12,36 | 7/7,87 | 13/14,61 | 6/6,74 | 1/1,12 | | |
| <i>Acer platanoides</i> | 1/12,50 | 1/12,50 | 1/12,50 | 2/25,00 | 1/12,50 | | 1/12,50 | 1/12,50 | | | |
| <i>Aesculus hippocastanum</i> | | 1/10 | 1/10 | 2/20 | | 1/10 | 3/30 | 2/20 | | | |
| <i>Ailanthus altissima</i> | 40/90,91 | | 4/9,09 | | | | | | | | |
| <i>Betula pendula</i> | 14/58,33 | 7/29,17 | 1/4,17 | 1/4,17 | | 1/4,17 | | | | | |
| <i>Fraxinus lanceolata</i> | | | | 1/7,69 | 4/30,77 | 5/38,46 | 3/23,08 | | | | |
| <i>Juglans regia</i> | 10/100 | | | | | | | | | | |
| <i>Morus alba</i> | | | | | 1/8,33 | 3/25 | 1/8,33 | 1/8,33 | 2/16,67 | 2/16,67 | |
| <i>Picea abies</i> | 1/9,09 | 4/36,36 | 2/18,18 | 3/27,27 | | | 1/9,09 | | | | |
| <i>Picea pungens</i> | 3/30 | 6/60 | 1/10 | | | | | | | | |
| <i>Populus alba</i> | | | 1/2,86 | 1/2,86 | 1/2,86 | | 1/2,86 | | 2/5,71 | 4/11,43 | 2/5,71 |
| <i>Populus nigra</i> | | | | | | | 1/5 | 3/15 | 2/10 | 6/30 | 3/15 |
| <i>Populus Simonii</i> | | | | 3/4 | 9/12 | 10/13,33 | 16/21,33 | 9/12 | 10/13,33 | 6/8 | 4/5,33 |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | 50/8,65 | 123/21,28 | 51/8,82 | 25/4,33 | 55/9,52 | 35/6,06 | 57/9,86 | 31/5,36 | 37/6,40 | 13/2,25 | 8/1,38 |
| <i>Salix alba</i> | | | | | | | | | | | |
| <i>Thuja occidentalis</i> | 30/100 | | | | | | | | | | |
| <i>Thuja orientalis</i> | | | | | 1/100 | | | | | | |
| <i>Tilia cordata</i> | | | | | | 1/33,33 | 1/33,33 | 1/33,33 | | | |
| <i>Ulmus laevis</i> | | | | 2/8,33 | 1/4,17 | | | 3/12,50 | 2/8,33 | 1/4,17 | |
| <i>Ulmus carpinifolia</i> | 416/31,66 | 106/8,07 | 151/11,49 | 72/5,48 | 149/11,34 | 82/6,24 | 87/6,22 | 109/8,30 | 39/2,97 | 22/1,67 | 20/1,52 |
| Всього, шт | 604/26,12 | 248/10,73 | 213/9,21 | 122/5,28 | 233/10,08 | 145/6,27 | 185/8 | 166/7,18 | 95/4,11 | 54/2,34 | 37/1,60 |

| Вид | Діаметр, см | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| | 48,1–52 | 52,1–56 | 56,1–60 | 60,1–64 | 64,1–68 | 68,1–72 | 72,1–76 | 76,1–80 | 80,1–84 | 84,1–88 | 96,1–100 |
| <i>Acer negundo</i> | | 1/1,12 | | 1/1,12 | | | | | | | |
| <i>Acer platanoides</i> | | | | | | | | | | | |
| <i>Aesculus hippocastanum</i> | | | | | | | | | | | |
| <i>Ailanthus altissima</i> | | | | | | | | | | | |
| <i>Betula pendula</i> | | | | | | | | | | | |
| <i>Fraxinus lanceolata</i> | | | | | | | | | | | |
| <i>Juglans regia</i> | | | | | | | | | | | |
| <i>Morus alba</i> | 1/8,33 | 1/8,33 | | | | | | | | | |
| <i>Picea abies</i> | | | | | | | | | | | |
| <i>Picea pungens</i> | | | | | | | | | | | |
| <i>Populus alba</i> | | 4/11,43 | 2/5,71 | | 3/8,57 | 2/5,71 | 4/11,43 | 3/8,57 | 3/8,57 | 1/2,86 | 1/2,86 |
| <i>Populus nigra</i> | 3/15 | 2/10 | | | | | | | | | |
| <i>Populus Simonii</i> | | 3/4 | 3/4 | 1/1,33 | 1/1,33 | | | | | | |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | 20/3,46 | 21/3,63 | 15/2,6 | 15/2,6 | 8/1,38 | 7/1,21 | 6/1,04 | | 1/0,17 | | |
| <i>Salix alba</i> | | | | | 1/100 | | | | | | |
| <i>Thuja occidentalis</i> | | | | | | | | | | | |
| <i>Thuja orientalis</i> | | | | | | | | | | | |
| <i>Tilia cordata</i> | | | | | | | | | | | |
| <i>Ulmus laevis</i> | 1/4,17 | 3/12,50 | 2/8,33 | 3/12,50 | 2/8,33 | 1/4,17 | 3/12,50 | | | | |
| <i>Ulmus carpinifolia</i> | 11/0,84 | 7/0,53 | 6/0,46 | 6/0,46 | 11/0,84 | 9/0,68 | 8/0,61 | 2/0,15 | 1/0,08 | | |
| Всього, шт | 36/1,56 | 42/1,82 | 28/1,21 | 26/1,12 | 26/1,12 | 19/0,82 | 21/0,91 | 5/0,22 | 5/0,22 | 1/0,04 | 1/0,04 |

Примітка: чисельник – кількість дерев, шт.; знаменник – % від числа рослин даного виду. Рослини з діаметрами стовбура 88,1 – 96,0 – відсутні.

Розподіл дерев за діаметрами стовбурів у насадженнях СЗЗ Феросплавного заводу

| Вид | Діаметр, см | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|-------------|----------|---------|----------|-----------|----------|-----------|---------|----------|----------|---------|
| | 4–8 | 8,1–12 | 12,1–16 | 16,1–20 | 20,1–24 | 24,1–28 | 28,1–32 | 32,1–36 | 36,1–40 | 40,1–44 | 44,1–48 |
| <i>Ailanthus altissima</i> | 2/20 | 4/40 | 2/20 | 2/20 | | | | | | | |
| <i>Betula pendula</i> | | 1/50 | 1/50 | | | | | | | | |
| <i>Catalpa bignonioides</i> | | 1/9,09 | 2/18,18 | 5/45,45 | 2/18,18 | 1/9,09 | | | | | |
| <i>Elaeagnus angustifolia</i> | | | | | | 1/50 | 1/50 | | | | |
| <i>Fraxinus lanceolata</i> | 1/33,33 | | 1/33,33 | | | | 1/33,33 | | | | |
| <i>Malus domestica</i> | | | 1/100 | | | | | | | | |
| <i>Morus alba</i> | | | | | 1/20 | | 2/40 | 2/40 | | | |
| <i>Populus alba</i> | | | | | | | | | | | |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | 38/8,64 | 63/14,32 | 33/7,50 | 75/17,05 | 68/15,45 | 53/12,05 | 59/13,41 | 15/3,41 | 12/2,73 | 10/2,27 | 4/0,91 |
| <i>Salix alba</i> | | | | | | | | | | | |
| <i>Ulmus carpinifolia</i> | 1/3,70 | 3/11,11 | 2/7,41 | 3/11,11 | 4/14,81 | 1/3,70 | 3/11,11 | | 3/11,11 | 2/7,41 | 1/3,70 |
| <i>Ulmus parvifolia</i> | 8/1,26 | 24/3,77 | 15/2,36 | 22/3,46 | 43/6,76 | 49/7,70 | 93/14,62 | 63/9,91 | 85/13,36 | 68/10,69 | 22/3,46 |
| Всього, шт | 50/4,36 | 96/8,38 | 57/4,97 | 107/9,34 | 118/10,30 | 105/9,16 | 159/13,87 | 80/6,98 | 100/8,73 | 80/6,98 | 27/2,36 |
| Вид | Діаметр, см | | | | | | | | | | |
| | 48,1–52 | 52,1–56 | 56,1–60 | 60,1–64 | 64,1–68 | 68,1–72 | 72,1–76 | 76,1–80 | 80,1–84 | 84,1–88 | 88,1–92 |
| <i>Ailanthus altissima</i> | | | | | | | | | | | |
| <i>Betula pendula</i> | | | | | | | | | | | |
| <i>Catalpa bignonioides</i> | | | | | | | | | | | |
| <i>Elaeagnus angustifolia</i> | | | | | | | | | | | |
| <i>Fraxinus lanceolata</i> +1 | | | | | | | | | | | |
| <i>Malus domestica</i> | | | | | | | | | | | |
| <i>Morus alba</i> | | | | | | | | | | | |
| <i>Populus alba</i> | | | | 1/12,50 | 1/12,50 | 4/50 | | 1/12,50 | | | 1/12,50 |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> +2 | 5/1,14 | 1/0,23 | 1/0,23 | | | 3/0,68 | | | | | |
| <i>Salix alba</i> | | | | | | | | | 1/100 | | |
| <i>Ulmus carpinifolia</i> | 2/7,41 | | | | | | | 1/3,70 | 1/3,70 | | |
| <i>Ulmus parvifolia</i> +5 | 29/4,56 | 20/3,14 | 29/4,56 | 20/3,14 | 13/2,04 | 12/1,89 | 5/0,79 | 11/1,73 | 1/0,16 | 1/0,16 | 3/0,47 |
| Всього | 36/3,14 | 21/1,83 | 30/2,62 | 21/1,83 | 14/1,22 | 19/1,66 | 5/0,44 | 13/1,13 | 3/0,26 | 1/0,09 | 4/0,35 |

Примітка: чисельник – кількість дерев, шт.; знаменник – % від числа рослин даного вид

Розподіл дерев за діаметрами стовбурів у насадженні СЗЗ Алюмінієвого комбінату

| Вид | Діаметр, см | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|-------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|---------|---------|---------|
| | 4–8 | 8,1–12 | 12,1–16 | 16,1–20 | 20,1–24 | 24,1–28 | 28,1–32 | 32,1–36 | 36,1–40 | 40,1–44 | 44,1–48 |
| <i>Acer pseudoplatanus</i> | 1/50 | | | | | 1/50 | | | | | |
| <i>Aesculus hippocastanum</i> | | 3/27,27 | 5/45,45 | 3/27,27 | | | | | | | |
| <i>Ailanthus altissima</i> | 2/7,41 | 10/37,04 | 3/11,11 | 5/18,52 | 3/11,11 | 2/7,41 | 2/7,41 | | | | |
| <i>Betula pendula</i> | | | | | | | | | 1/50 | 1/50 | |
| <i>Catalpa bignonioides</i> | 6/31,58 | 3/15,79 | 5/26,32 | 1/5,26 | 2/10,53 | 1/5,26 | | | | 1/5,26 | |
| <i>Fraxinus lanceolata</i> | 9/15,25 | 8/13,56 | 12/20,34 | 10/16,95 | 6/10,17 | 3/5,08 | 9/15,25 | | 1/1,69 | | |
| <i>Morus alba</i> | 3/23,08 | 2/15,38 | | 3/23,08 | 2/15,38 | 1/7,69 | 1/7,69 | 1/7,69 | | | |
| <i>Picea pungens</i> | 4/30,77 | 9/69,23 | | | | | | | | | |
| <i>Platanus acerifolia</i> | | 1/50 | | | | | | | | | |
| <i>Populus alba</i> | | 1/3,45 | 3/10,34 | 1/3,45 | 2/6,90 | 2/6,90 | 2/6,90 | 2/6,90 | 1/3,45 | 2/6,90 | 4/13,79 |
| <i>Populus nigra</i> | | | | | | 1/20 | 3/60 | | | | |
| <i>Populus Simonii</i> | | | | | 1/100 | | | | | | |
| <i>Quercus robur</i> | 3/100 | | | | | | | | | | |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | 14/3,93 | 38/10,67 | 48/13,48 | 61/17,13 | 66/18,54 | 34/9,55 | 42/11,80 | 20/5,62 | 13/3,65 | 9/2,53 | 1/0,28 |
| <i>Salix alba</i> | | | | | | 2/12,50 | 1/6,25 | 1/6,25 | 2/12,50 | 2/12,50 | 1/6,25 |
| <i>Sorbus aucuparia</i> | | | 1/50 | | 1/50 | | | | | | |
| <i>Thuja occidentalis</i> | 24/96 | 1/4 | | | | | | | | | |
| <i>Thuja orientalis</i> | 1/16,67 | 4/66,66 | 1/16,67 | | | | | | | | |
| <i>Tilia cordata</i> | 6/42,86 | 4/28,57 | 4/28,57 | | | | | | | | |
| <i>Ulmus carpinifolia</i> +9 | 6/1,63 | 8/2,17 | 18/4,88 | 37/10,03 | 69/18,70 | 52/14,09 | 70/18,97 | 32/8,67 | 16/4,34 | 16/4,34 | 8/2,17 |
| <i>Ulmus laevis</i> | 2/6,25 | 3/9,38 | 3/9,38 | 4/12,50 | 1/3,13 | 3/9,38 | 8/25 | | 1/3,13 | 2/6,25 | |
| Всього, шт | 81/8,05 | 95/9,44 | 103/10,24 | 125/12,43 | 153/15,21 | 102/10,14 | 138/13,72 | 56/5,57 | 35/3,48 | 33/3,28 | 14/1,39 |

| Вид | Діаметр, см | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 48,1–52 | 52,1–56 | 56,1–60 | 60,1–64 | 64,1–68 | 68,1–72 | 72,1–76 | 76,1–80 | 80,1–84 | 88,1–92 | 92,1–96 |
| <i>Acer pseudoplatanus</i> | | | | | | | | | | | |
| <i>Aesculus hippocastanum</i> | | | | | | | | | | | |
| <i>Ailanthus altissima</i> | | | | | | | | | | | |
| <i>Betula pendula</i> | | | | | | | | | | | |
| <i>Catalpa bignonioides</i> +3 | | | | | | | | | | | |
| <i>Fraxinus lanceolata</i> +2 | 1/1,69 | | | | | | | | | | |
| <i>Morus alba</i> +4 | | | | | | | | | | | |
| <i>Picea pungens</i> | | | | | | | | | | | |
| <i>Platanus acerifolia</i> +1 | 1/50 | | | | | | | | | | |
| <i>Populus alba</i> | 2/6,90 | 2/6,90 | | | 2/6,90 | 2/6,90 | | | | 1/3,45 | |
| <i>Populus nigra</i> | | | | | | | | | | 1/20 | |
| <i>Populus Simonii</i> | | | | | | | | | | | |
| <i>Quercus robur</i> | | | | | | | | | | | |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> +8 | 3/0,84 | 1/0,28 | 1/0,28 | 1/0,28 | 1/0,28 | 2/0,56 | | | 1/0,28 | | |
| <i>Salix alba</i> +1 | | | 1/6,25 | 2/12,50 | | 2/12,50 | | 1/6,25 | | | 1/6,25 |
| <i>Sorbus aucuparia</i> | | | | | | | | | | | |
| <i>Thuja occidentalis</i> | | | | | | | | | | | |
| <i>Thuja orientalis</i> | | | | | | | | | | | |
| <i>Tilia cordata</i> | | | | | | | | | | | |
| <i>Ulmus carpinifolia</i> | 7/1,90 | 5/1,36 | 4/1,08 | 8/2,17 | 8/2,17 | 1/0,27 | 1/0,27 | 1/0,27 | 1/0,27 | 1/0,27 | |
| <i>Ulmus laevis</i> | 1/3,13 | | | 2/6,25 | 1/3,13 | | | | | 1/3,13 | |
| Всього, шт | 15/1,49 | 8/0,80 | 6/0,60 | 13/1,29 | 12/1,19 | 7/0,70 | 1/0,10 | 2/0,20 | 2/0,20 | 4/0,40 | 1/0,10 |

Примітка: чисельник – кількість дерев, шт.; знаменник – % від числа рослин даного виду

Розподіл дерев за діаметрами стовбурів у насадженнях СЗЗ підприємства Дніпроспецсталь

| Вид | Діаметр, см | | | | | | | |
|------------------------------------|-------------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 4–8 | 8,1–12 | 12,1–16 | 16,1–20 | 20,1–24 | 24,1–28 | 28,1–32 | 32,1–36 |
| <i>Acer negundo</i> | 1/7,69 | 1/7,69 | | 2/15,38 | 2/15,38 | | 2/15,38 | 1/7,69 |
| <i>Acer platanoides</i> +1 | 4/23,53 | 7/41,18 | 4/23,53 | | 2/11,76 | | | |
| <i>Acer saccharinum</i> | | | 1/25 | | 1/25 | | 1/25 | |
| <i>Aesculus hippocastanum</i> | | | | | 1/33,33 | 1/33,33 | 1/33,33 | |
| <i>Ailanthus altissima</i> +1 | | 9/20,45 | 10/22,73 | 8/18,18 | 16/36,36 | | 1/2,27 | |
| <i>Armeniaca vulgaris vulgaris</i> | | | | | 1/25 | 1/25 | 2/50 | |
| <i>Betula pendula</i> +1 | 3/6,67 | 21/46,67 | 10/22,22 | 5/11,11 | 2/4,44 | 2/4,44 | 1/2,22 | 1/2,22 |
| <i>Catalpa bignonioides</i> | 2/8 | 5/20 | 7/28 | 3/12 | 7/28 | | 1/4 | |
| <i>Juglans regia</i> | 21/95,45 | | | 1/4,55 | | | | |
| <i>Morus alba</i> | 2/10 | 5/25 | 7/35 | 1/5 | | | 2/10 | 1/5 |
| <i>Picea abies</i> | 5/83,33 | | | 1/16,67 | | | | |
| <i>Picea pungens</i> | 2/12,50 | 8/50,0 | 5/31,25 | | 1/6,25 | | | |
| <i>Platanus acerifolia</i> | | | | | | | 2/50 | |
| <i>Populus alba</i> | | 1/5,88 | 1/5,88 | 2/11,76 | | 1/5,88 | 3/17,65 | 4/23,53 |
| <i>Populus nigra</i> | | | | | | | | |
| <i>Populus Simonii</i> | 1/0,49 | 6/2,93 | 13/6,34 | 21/10,24 | 36/17,56 | 39/19,02 | 37/18,05 | 18/8,78 |
| <i>Pyrus communis</i> | | | | 1/100 | | | | |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | 29/3,72 | 68/8,73 | 94/12,07 | 164/21,05 | 168/21,57 | 71/9,11 | 55/7,06 | 53/6,80 |
| <i>Salix alba</i> | | | | 1/50 | | | 1/50 | |
| <i>Thuja occidentalis</i> | 60/100 | | | | | | | |
| <i>Tilia cordata</i> | | 3/10,34 | 5/17,24 | 10/34,48 | 9/31,03 | 2/6,90 | | |
| <i>Ulmus carpinifolia</i> +2 | 3/0,48 | 19/3,02 | 27/4,29 | 32/5,09 | 86/13,67 | 113/17,97 | 102/16,22 | 121/19,24 |
| <i>Ulmus laevis</i> | | | | | 1/33,33 | 1/33,33 | 1/33,33 | |
| Всього, шт | 133/6,83 | 153/7,86 | 184/9,45 | 252/12,94 | 333/17,10 | 231/11,86 | 212/10,89 | 199/10,22 |

| Вид | Діаметр, см | | | | | | | | |
|------------------------------------|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 36,1–40 | 40,1–44 | 44,1–48 | 48,1–52 | 52,1–56 | 56,1–60 | 60,1–64 | 64,1–68 | 68,1–72 |
| <i>Acer negundo</i> | | 2/15,38 | | | | 1/7,69 | | | 1/7,69 |
| <i>Acer platanoides</i> | | | | | | | | | |
| <i>Acer saccharinum</i> | | | | 1/25 | | | | | |
| <i>Aesculus hippocastanum</i> | | | | | | | | | |
| <i>Ailanthus altissima</i> | | | | | | | | | |
| <i>Armeniaca vulgaris vulgaris</i> | | | | | | | | | |
| <i>Betula pendula</i> | | | | | | | | | |
| <i>Catalpa bignonioides</i> | | | | | | | | | |
| <i>Juglans regia</i> | | | | | | | | | |
| <i>Morus alba</i> | 2/10 | | | | | | | | |
| <i>Picea abies</i> | | | | | | | | | |
| <i>Picea pungens</i> | | | | | | | | | |
| <i>Platanus acerifolia</i> | 1/25 | 1/25 | | | | | | | |
| <i>Populus alba</i> | 1/5,88 | 2/11,76 | | | 1/5,88 | | | | 1/5,88 |
| <i>Populus nigra</i> | | | 1/100 | | | | | | |
| <i>Populus Simonii</i> | 13/6,31 | 10/4,88 | 7/3,41 | 2/0,98 | | | | | |
| <i>Pyrus communis</i> | | | | | | | | | |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | 36/4,62 | 22/2,82 | 12/1,54 | 3/0,39 | 2/0,26 | | | | 2/0,26 |
| <i>Salix alba</i> | | | | | | | | | |
| <i>Thuja occidentalis</i> | | | | | | | | | |
| <i>Tilia cordata</i> | | | | | | | | | |
| <i>Ulmus carpiniifolia</i> | 57/9,06 | 43/6,84 | 8/1,27 | 4/0,64 | 8/1,27 | 2/0,32 | 2/0,32 | | 2/0,32 |
| <i>Ulmus laevis</i> | | | | | | | | | |
| Всього, шт | 110/5,65 | 80/4,11 | 28/1,44 | 10/0,51 | 11/0,56 | 3/0,15 | 2/0,10 | | 6/0,31 |

Примітка: чисельник – кількість дерев, шт.; знаменник – % від числа рослин даного виду

Розподіл дерев за діаметрами стовбурів у насадженнях СЗЗ Абразивного комбінату

| Вид | Діаметр, см | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|-------------|----------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|----------|---------|---------|
| | 4–8 | 8,1–12 | 12,1–16 | 16,1–20 | 20,1–24 | 24,1–28 | 28,1–32 | 32,1–36 | 36,1–40 | 40,1–44 | 44,1–48 |
| <i>Acer negundo</i> | | 1/25 | | 1/25 | | | 2/50 | | | | |
| <i>Acer platanoides</i> | 10/52,63 | 1/5,26 | 3/15,79 | 2/10,53 | 1/5,26 | 2/10,53 | | | | | |
| <i>Acer saccharinum</i> | | | | | | | 1/100 | | | | |
| <i>Aesculus hippocastanum</i> | 32/62,75 | 16/31,37 | 3/5,88 | | | | | | | | |
| <i>Armeniaca vulgaris</i> | | | | | | | | 1/100 | | | |
| <i>Catalpa bignonioides</i> | 62/59,05 | 18/17,14 | 7/6,67 | 6/5,71 | 4/3,81 | 4/3,81 | 4/3,81 | | | | |
| <i>Elaeagnus angustifolia</i> | | | | 1/50 | | | 1/50 | | | | |
| <i>Juglans regia</i> | | | 1/14,29 | 1/14,29 | 3/42,86 | 1/14,29 | 1/14,29 | | | | |
| <i>Morus nigra</i> | | | | 2/66,67 | | | 1/33,33 | | | | |
| <i>Picea abies</i> | | | 1/50 | | 1/50 | | | | | | |
| <i>Picea pungens</i> | | 4/44,44 | 3/33,33 | 1/11,11 | 1/11,11 | | | | | | |
| <i>Populus alba</i> | 15/4,73 | 1/0,32 | 9/2,84 | 15/4,73 | 12/3,79 | 13/4,10 | 24/7,57 | 18/5,68 | 41/12,93 | 31/9,78 | 21/6,62 |
| <i>Populus nigra</i> | | 3/6,12 | 8/16,33 | 6/12,24 | 6/12,24 | | | | | | |
| <i>Pyrus communis</i> | | | | | | 1/100 | | | | | |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> +1 | 1/0,18 | 19/3,46 | 36/6,56 | 108/19,57 | 140/25,50 | 98/17,85 | 88/16,03 | 19/3,46 | 11/2,00 | 6/1,09 | 6/1,09 |
| <i>Ulmus carpinifolia</i> +2 | 4/2,45 | 1/0,61 | 3/1,84 | 24/14,72 | 30/18,40 | 29/17,79 | 35/21,47 | 9/5,52 | 10/6,13 | 6/3,68 | 9/5,52 |
| Всього, шт | 124/9,66 | 64/4,99 | 74/5,77 | 167/13,02 | 198/15,43 | 148/11,54 | 157/12,24 | 47/3,66 | 62/4,83 | 43/3,35 | 36/2,81 |
| Вид | Діаметр, см | | | | | | | | | | |
| | 48,1–52 | 52,1–56 | 56,1–60 | 60,1–64 | 64,1–68 | 68,1–72 | 72,1–76 | 76,1–80 | 84,1–88 | | |
| <i>Populus alba</i> | 22/6,94 | 14/4,42 | 20/6,31 | 22/6,94 | 6/1,89 | 17/5,36 | 9/2,84 | 5/1,58 | 2/0,63 | | |
| <i>Populus nigra</i> | 7/14,29 | 3/6,12 | 5/10,20 | 3/6,12 | 3/6,12 | 2/4,08 | 1/2,04 | 1/2,04 | 1/2,04 | | |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | 5/0,91 | 4/0,73 | 3/0,55 | 1/0,18 | | 3/0,55 | 1/0,18 | | | | |
| <i>Ulmus carpinifolia</i> | 2/1,23 | 1/0,61 | | | | | | | | | |
| Всього, шт | 36/2,81 | 22/1,71 | 28/2,18 | 26/2,03 | 9/0,70 | 22/1,71 | 11/0,86 | 6/0,47 | 3/0,23 | | |

Примітка: чисельник – кількість дерев, шт.; знаменник – % від числа рослин даного виду

Розподіл дерев за діаметрами стовбурів у насадженнях СЗЗ заводу Запоріжсталь

| Вид | Діаметр, см | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|-------------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| | 4–8 | 8,1–12 | 12,1–16 | 16,1–20 | 20,1–24 | 24,1–28 | 28,1–32 | 32,1–36 | 36,1–40 | 40,1–44 | 44,1–48 |
| <i>Acer negundo</i> +1 (17,24) | 1065/61,45 | 3/0,17 | 8/0,46 | 915,25 | 215/12,41 | 121/6,98 | 88/5,08 | 101/5,83 | 23/1,33 | 10/0,58 | 6/0,35 |
| <i>Acer pseudoplatanus</i> | 10/90,91 | 1/9,09 | | | | | | | | | |
| <i>Aesculus hippocastanum</i> | 2/4,44 | 5/11,11 | 3/6,67 | 11/24,44 | 18/40 | 3/6,67 | 2/4,44 | 1/2,22 | | | |
| <i>Ailanthus altissima</i> | 41/35,34 | 23/19,83 | 17/14,66 | 9/7,76 | 15/12,93 | 7/6,03 | 4/3,45 | | | | |
| <i>Armeniaca vulgaris</i> | | | | | 1/50 | | 1/50 | | | | |
| <i>Betula pendula</i> | | 8/47,06 | 3/17,65 | 2/11,76 | 1/5,88 | | | 3/17,65 | | | |
| <i>Catalpa bignonioides</i> | 1/33,33 | 2/66,67 | | | | | | | | | |
| <i>Elaeagnus angustifolia</i> | 8/80 | | | 1/10 | 1/10 | | | | | | |
| <i>Fraxinus lanceolata</i> | | | | | 2/50 | 2/50 | | | | | |
| <i>Malus silvestris</i> | | | | | 1/16,67 | 2/33,33 | 3/50,00 | | | | |
| <i>Morus alba</i> | | | | | | | | | | | |
| <i>Picea abies</i> | | | 1/50 | 1/50 | | | | | | | |
| <i>Picea pungens</i> | | | | | 1/100 | | | | | | |
| <i>Populus alba</i> | | | | | | | | 2/3,51 | 4/7,02 | 13/22,81 | 10/17,54 |
| <i>Populus balsamifera</i> | | | | | | | | | | | |
| <i>Populus nigra</i> | | | | | | | 1/20 | 1/20 | | 1/20 | |
| <i>Populus Simonii</i> | | | | 7/6,48 | 26/24,07 | 25/23,15 | 19/17,59 | 26/24,07 | 3/2,78 | 2/1,85 | |
| <i>Pyrus communis</i> | | | | | 1/50 | | 1/50 | | | | |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | 16/1,17 | 9/1,00 | 25/2,77 | 90/9,97 | 213/23,59 | 148/16,39 | 132/14,62 | 137/15,17 | 54/5,98 | 42/4,65 | 23/2,55 |
| <i>Thuja occidentalis</i> | 15/100 | | | | | | | | | | |
| <i>Thuja orientalis</i> | | | | 1/11,11 | 6/66,67 | 2/22,22 | | | | | |
| <i>Tilia cordata</i> | | | 1/20 | 1/20 | 3/60 | | | | | | |
| <i>Ulmus carpiniifolia</i> | 123/9,38 | 12/0,92 | 14/1,07 | 179/13,65 | 317/24,18 | 195/14,87 | 148/11,29 | 138/10,53 | 50/3,81 | 53/4,04 | 44/3,36 |
| <i>Ulmus glabra</i> | | | | 1/7,69 | 2/15,38 | 1/7,69 | 1/7,69 | 1/7,69 | 2/15,38 | 3/23,08 | |
| Всього, шт | 1281/29,24 | 63/1,44 | 72/1,64 | 394/8,99 | 823/18,79 | 506/11,55 | 400/9,13 | 410/9,36 | 136/3,10 | 124/2,83 | 83/1,89 |

| Вид | Діаметр, см | | | | | | | | | |
|-------------------------------|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 48,1–52 | 52,1–56 | 56,1–60 | 60,1–64 | 64,1–68 | 68,1–72 | 72,1–76 | 76,1–80 | 84,1–88 | 88,1–92 |
| <i>Acer negundo</i> | 1/0,06 | 1/0,06 | | | | | | | | |
| <i>Acer pseudoplatanus</i> | | | | | | | | | | |
| <i>Aesculus hippocastanum</i> | | | | | | | | | | |
| <i>Ailanthus altissima</i> | | | | | | | | | | |
| <i>Armeniaca vulgaris</i> | | | | | | | | | | |
| <i>Betula pendula</i> | | | | | | | | | | |
| <i>Catalpa bignonioides</i> | | | | | | | | | | |
| <i>Elaeagnus angustifolia</i> | | | | | | | | | | |
| <i>Fraxinus lanceolata</i> | | | | | | | | | | |
| <i>Malus silvestris</i> | | | | | | | | | | |
| <i>Morus alba</i> | | 1/50 | | | | | | | 1/50 | |
| <i>Picea abies</i> | | | | | | | | | | |
| <i>Picea pungens</i> | | | | | | | | | | |
| <i>Populus alba</i> | 1/1,75 | 4/7,02 | | 1/1,75 | 3/5,26 | 6/10,53 | 6/10,53 | 4/7,02 | 2/3,51 | 1/1,75 |
| <i>Populus balsamifera</i> | | | | 1/100 | | | | | | |
| <i>Populus nigra</i> | | 1/20 | | | 1/20 | | | | | |
| <i>Populus Simonii</i> | | | | | | | | | | |
| <i>Pyrus communis</i> | | | | | | | | | | |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | 9/1,00 | 2/0,22 | 3/0,33 | | | | | | | |
| <i>Thuja occidentalis</i> | | | | | | | | | | |
| <i>Thuja orientalis</i> | | | | | | | | | | |
| <i>Tilia cordata</i> | | | | | | | | | | |
| <i>Ulmus carpiniifolia</i> | 15/1,14 | 9/0,69 | 6/0,46 | 1/0,08 | 3/0,23 | 2/0,15 | 2/0,15 | | | |
| <i>Ulmus glabra</i> | | 2/15,38 | | | | | | | | |
| Всього, шт | 26/0,59 | 20/0,46 | 9/0,21 | 3/0,07 | 7/0,16 | 8/0,18 | 8/0,18 | 4/0,09 | 3/0,07 | 1/0,02 |

Примітка: чисельник – кількість дерев, шт.; знаменник – % від числа рослин даного виду

Розподіл дерев за розрядами висот СЗЗ підприємств м Запоріжжя

| СЗЗ підприємства | Висота, м | | | | | | | | | | | |
|------------------|-----------|---------|---------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | до 4,0 | 4,1–6,0 | 6,1–8,0 | 8,1–10,0 | 10,1–12,0 | 12,1–14,0 | 14,1–16,0 | 16,1–18,0 | 18,1–20,0 | 20,1–22,0 | 22,1–24,0 | 24,1–26,0 |
| 1 | 4,2 | 19,04 | 3,46 | 10,69 | 11,68 | 8,39 | 17,01 | 23,19 | 2,34 | | | |
| 2 | 6,16 | 7,80 | 9,18 | 15,22 | 50,44 | 7,67 | 3,77 | | | | | |
| 3 | 4,33 | 9,79 | 9,69 | 33,30 | 32,58 | 8,66 | 1,65 | | | | | |
| 4 | 10,35 | 6,19 | 5,98 | 6,94 | 5,66 | 3,63 | 4,80 | 6,40 | 30,20 | 19,85 | | |
| 5 | 4,43 | 2,21 | 6,32 | 4,43 | 26,42 | 22,91 | 24,56 | 8,75 | 0,05 | | | |
| 6 | 2,89 | 5 | 9,37 | 10,69 | 7,57 | - | 19,05 | 23,26 | 22,17 | | | |
| 7 | 4,6 | 5,62 | 5,41 | 22,68 | 30,13 | 3,68 | 18,59 | 8,99 | 0,31 | | | |
| 8 | 3,60 | 7,12 | 8 | 11,16 | 49,74 | 13,88 | 3,78 | 2,72 | | | | |
| 9 | 2,44 | 28,24 | 2,92 | 3,63 | 23,22 | 6,32 | 7,6 | 18,56 | 6,69 | 0,37 | | |
| 10 | 3,17 | 9,52 | 2,20 | 3,17 | 7,20 | 10,19 | 17,08 | 21,11 | 11,47 | 7,20 | 6,65 | 1,04 |
| 11 | 2,87 | 28,42 | 2,91 | 3,35 | 0,92 | 3,13 | 21,94 | 24,04 | 12,41 | | | |

Примітки: 1 – Титано-магнієвий; 2 – Склофлюс; 3 – Коксохімічний; 4 – Укрграфіт; 5 – Дніпроспецсталь; 6 – Абразивний; 7 – Алюмінієвий; 8 – Феросплавний; 9 – Запоріжсталь; 10 – Трансформаторний; 11 – Вогнетрив

Додаток В

Таблиця В.1

Вхідні параметри захисного насадження підприємства Укрграфіт

| № | Вид дерева | Кількість дерев | a_i , г/кг | b_i г/кг | c_i , г/кг | y_i^1 | y_i^2 | y_i^3 | Відмираючі |
|----|-------------------------------|-----------------|--------------|------------|--------------|---------|---------|---------|------------|
| 1 | <i>Acer negundo</i> | 2 | 0,06762 | 0,4344 | 3,8 | 2 | 0 | | |
| 2 | <i>Acer platanoides</i> | 13 | 0,08137 | 0,2412 | 4 | 7 | 5 | | 1 |
| 3 | <i>Ailanthus altissima</i> | 53 | 0,09928 | 0,4395 | 3 | 5 | 48 | | |
| 4 | <i>Catalpa bignonioides</i> | 1 | 0,08549 | 0,3962 | 4,1 | | 1 | | |
| 5 | <i>Elaeagnus angustifolia</i> | 1 | 0,14971 | 0,4938 | 2,8 | | 1 | | |
| 6 | <i>Fraxinus lanceolata</i> | 37 | 0,09928 | 0,2706 | 4 | 21 | 16 | | |
| 7 | <i>Juglans regia</i> | 9 | 0,08562 | 0,4395 | 4,1 | 6 | 3 | | |
| 8 | <i>Malus domestica</i> | 4 | 0,09928 | 0,4395 | 4,1 | | 4 | | |
| 9 | <i>Morus alba</i> | 116 | 0,09774 | 0,2388 | 2,7 | | 115 | | 1 |
| 10 | <i>Populus alba</i> | 70 | 0,12475 | 0,7422 | 6,1 | | 60 | 10 | |
| 11 | <i>Populus nigra</i> | 3 | 0,12781 | 1,0333 | 4,9 | | | 3 | |
| 12 | <i>Populus pyramidalis</i> | 1 | 0,11596 | 0,5664 | 4,1 | | | 1 | |
| 13 | <i>Populus simonii</i> | 4 | 0,13232 | 0,8172 | 4,5 | | 4 | | |
| 14 | <i>Pyrus communis</i> | 1 | 0,09928 | 0,4395 | 4,1 | | 1 | | |
| 15 | <i>Robinia pseudoacacia</i> | 365 | 0,06136 | 0,3030 | 5,1 | 14 | 285 | 61 | 5 |
| 16 | <i>Salix alba</i> | 2 | 0,11074 | 0,2922 | 4,2 | | 2 | | |
| 17 | <i>Thuja orientalis</i> | 4 | 0,09928 | 0,4395 | 4,1 | 3 | 1 | | |
| 18 | <i>Tilia cordata</i> | 7 | 0,0628 | 0,2172 | 5 | 4 | 3 | | |
| 19 | <i>Ulmus laevis</i> | 61 | 0,10534 | 0,2418 | 4,1 | 2 | 35 | 24 | |
| 20 | <i>Ulmus carpinifolia</i> | 183 | 0,09956 | 0,3054 | 2,9 | 3 | 134 | 42 | 4 |

Таблиця В.3

Вхідні параметри захисного насадження підприємства Феросплавний

| № | Вид дерева | кількість | a_i , г/кг | b_i г/кг | c_i , г/кг | y_i^1 | y_i^2 | y_i^3 | Відм. |
|----|-------------------------------|-----------|--------------|------------|--------------|---------|---------|---------|-------|
| 1 | <i>Ailanthus altissima</i> | 10 | 0,2057 | 1,7832 | 3,9 | 2 | 8 | | |
| 2 | <i>Betula pendula</i> | 2 | 0,1034 | 1,0974 | 8,0 | | 2 | | |
| 3 | <i>Catalpa bignonioides</i> | 11 | 0,2351 | 0,7884 | 5,5 | | 11 | | |
| 4 | <i>Elaeagnus angustifolia</i> | 2 | 0,2404 | 1,2216 | 4,5 | | 2 | | |
| 5 | <i>Fraxinus lanceolata</i> | 2 | 0,1953 | 0,5418 | 6,1 | 1 | 1 | | |
| 6 | <i>Malus domestica</i> | 1 | 0,2072 | 0,9192 | 6 | | 1 | | |
| 7 | <i>Morus alba</i> | 5 | 0,23356 | 0,3048 | 3,3 | | 5 | | |
| 8 | <i>Populus alba</i> | 8 | 0,29524 | 1,9002 | 8,9 | | | 8 | |
| 9 | <i>Salix alba</i> | 1 | 0,2872 | 0,5430 | 7,3 | | | 1 | |
| 10 | <i>Robinia pseudoacacia</i> | 438 | 0,1291 | 0,4890 | 8,5 | 38 | 47 | 3 | 6 |
| 11 | <i>Ulmus carpinifolia</i> | 27 | 0,14763 | 0,5226 | 4,0 | 1 | 24 | 2 | |
| 12 | <i>Ulmus parvifolia</i> | 631 | 0,2072 | 0,9192 | 6 | 8 | 545 | 66 | 12 |

Вхідні параметри захисного насадження підприємства Запоріжсталь

| № | Вид дерева | | a_i , г/кг | b_i г/кг | c_i , г/кг | y_i^1 | y_i^2 | y_i^3 | Відм. |
|----|-------------------------------|------|--------------|------------|--------------|---------|---------|---------|-------|
| 1 | <i>Acer negundo</i> | 667 | 0,12051 | 0,8586 | 5,6 | | 667 | | |
| 2 | <i>Acer pseudoplatanus</i> | 11 | 0,15232 | 0,9219 | 6,9 | 10 | 1 | | |
| 3 | <i>Aesculus hippocastanum</i> | 45 | 0,23243 | 0,4392 | 5,6 | 2 | 43 | | |
| 4 | <i>Armeniaca vulgaris</i> | 2 | 0,1267 | 0,3402 | 6,6 | | 2 | | |
| 5 | <i>Ailanthus altissima</i> | 75 | 0,16637 | 1,9308 | 4,8 | | 75 | | |
| 6 | <i>Betula pendula</i> | 17 | 0,11114 | 1,2108 | 9,7 | | 16 | | 1 |
| 7 | <i>Catalpa bignonioides</i> | 3 | 0,1334 | 0,7692 | 6,7 | 1 | 2 | | |
| 8 | <i>Elaeagnus angustifolia</i> | 10 | 0,19842 | 1,1622 | 4,7 | 8 | 0 | | 2 |
| 9 | <i>Fraxinus lanceolata</i> | 4 | 0,16053 | 0,4584 | 6,2 | | 4 | | |
| 10 | <i>Malus silvestris</i> | 6 | 0,16568 | 0,9219 | 6,6 | | 6 | | |
| 11 | <i>Morus alba</i> | 2 | 0,20111 | 0,3450 | 4,4 | | 1 | 1 | |
| 12 | <i>Picea abies</i> | 2 | 0,16568 | 0,9219 | 6,6 | | 2 | | |
| 13 | <i>Picea pungens</i> | 1 | 0,16568 | 0,9219 | 6,6 | | 1 | | |
| 14 | <i>Populus alba</i> | 57 | 0,2461 | 1,6416 | 9,6 | | 34 | 23 | |
| 15 | <i>Populus balsamifera</i> | 1 | 0,16568 | 0,9219 | 6,6 | | 0 | 1 | |
| 16 | <i>Populus nigra</i> | 5 | 0,25452 | 1,8258 | 10,5 | | 4 | 1 | |
| 17 | <i>Populus Simonii</i> | 108 | 0,22016 | 1,4520 | 9,3 | | 104 | | 4 |
| 18 | <i>Pyrus communis</i> | 2 | 0,16568 | 0,9219 | 6,6 | | 2 | | |
| 19 | <i>Robinia pseudoacacia</i> | 887 | 0,10614 | 0,4590 | 9,0 | | 872 | | 15 |
| 20 | <i>Thuja occidentalis</i> | 15 | 0,16568 | 0,9219 | 6,6 | 15 | 0 | | |
| 21 | <i>Thuja orientalis</i> | 9 | 0,16568 | 0,9219 | 6,6 | | 9 | | |
| 22 | <i>Tilia cordata</i> | 5 | 0,16568 | 0,4482 | 1,02 | | 5 | | |
| 23 | <i>Ulmus carpinifolia</i> | 1189 | 0,11842 | 0,4878 | 4,7 | 1 | 1157 | 8 | 23 |
| 24 | <i>Ulmus glabra</i> | 13 | 0,10270 | 0,9219 | 6,6 | | 13 | | |

Таблиця В.2.

Вхідні параметри захисного насадження підприємства Абразивний

| № | Вид дерева | кількість | a_i , г/кг | b_i г/кг | c_i , г/кг | y_i^1 | y_i^2 | y_i^3 | Відм. |
|----|-------------------------------|-----------|--------------|------------|--------------|---------|---------|---------|-------|
| 1 | <i>Acer negundo</i> | 4 | 0,05932 | 0,2437 | 3,3 | | 4 | | |
| 2 | <i>Acer platanoides</i> | 19 | 0,0715 | 0,1926 | 3,4 | 10 | 9 | | |
| 3 | <i>Acer saccharinum</i> | 1 | 0,0745 | 0,2437 | 3,8 | | 1 | | |
| 4 | <i>Armeniaca vulgaris</i> | 1 | 0,07057 | 0,2550 | 3,8 | | 1 | | |
| 5 | <i>Aesculus hippocastanum</i> | 51 | 0,09971 | 0,1146 | 4,4 | 32 | 19 | | |
| 6 | <i>Catalpa bignonioides</i> | 105 | 0,0703 | 0,2930 | 4,8 | 62 | 41 | | 2 |
| 7 | <i>Elaeagnus angustifolia</i> | 2 | 0,12039 | 0,3744 | 2,5 | | 2 | | |
| 8 | <i>Juglans regia</i> | 7 | 0,05641 | 0,4566 | 3,0 | | 7 | | |
| 9 | <i>Morus alba</i> | 3 | 0,0745 | 0,1368 | 2,3 | | 3 | | |
| 10 | <i>Picea abies</i> | 2 | 0,0745 | 0,2437 | 3,8 | | 2 | | |
| 11 | <i>Picea pungens</i> | 9 | 0,0745 | 0,2437 | 3,8 | | 9 | | |
| 12 | <i>Populus alba</i> | 317 | 0,0745 | 0,2437 | 5,5 | 15 | 254 | 31 | 17 |
| 13 | <i>Populus nigra</i> | 49 | 0,0745 | 0,2437 | 4,7 | | 37 | 11 | 1 |
| 14 | <i>Pyrus communis</i> | 1 | 0,0745 | 0,2437 | 3,8 | | 1 | | |
| 15 | <i>Robinia pseudoacacia</i> | 548 | 0,04761 | 0,1866 | 5,8 | 1 | 531 | 5 | 11 |
| 16 | <i>Ulmus carpinifolia</i> | 162 | 0,07493 | 0,1842 | 2,7 | 4 | 156 | | 2 |

Вхідні параметри захисного насадження Титаномагнієвого комбінату

| ЗТМК | кількість дерев | a_i | b_i | c_i | y_i^1 | y_i^2 | y_i^3 74 | Відмираючі 31 |
|-------------------------------|--------------------|---------|--------|-------|---------|---------|---------------|------------------|
| <i>Acer negundo</i> | 50 | 0,03062 | 0,2286 | 3,0 | | 48 | 1 | 1 |
| <i>Acer platanoides</i> | 8 | 0,0379 | 0,2424 | 3,5 | 1 | 7 | | |
| <i>Aesculus hippocastanum</i> | 10 | 0,0548 | 0,2999 | 3,2 | 1 | 9 | | |
| <i>Ailanthus altissima</i> | 30 | 0,02579 | 0,2999 | 2,5 | 2 | 28 | | |
| <i>Betula pendula</i> | 24 | 0,02714 | 0,3156 | 4,5 | 14 | 8 | | 2 |
| <i>Fraxinus lanceolata</i> | 13 | 0,0297 | 0,1650 | 3,0 | | 13 | | |
| <i>Juglans regia</i> | 10 | 0,0324 | 0,6186 | 2,5 | 10 | | | |
| <i>Morus alba</i> | 12 | 0,03927 | 0,1296 | 2,1 | | 12 | | |
| <i>Picea abies</i> | 11 | 0,03844 | 0,2999 | 3,3 | 1 | 10 | | |
| <i>Picea pungens</i> | 10 | 0,03844 | 0,2999 | 3,3 | 1 | 9 | | |
| <i>Populus alba</i> | 34 | 0,0486 | 0,6120 | 4,6 | | 22 | 11 | 1 |
| <i>Populus nigra</i> | 20 | 0,05132 | 0,4944 | 4,0 | | 20 | | |
| <i>Populus Simonii</i> | 75 | 0,05042 | 0,4302 | 3,7 | | 72 | 2 | 1 |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | 528 | 0,02532 | 0,1878 | 4,1 | | 507 | 11 | 10 |
| <i>Salix alba</i> | 1 | 0,04327 | 0,3192 | 3,3 | | | 1 | |
| <i>Thuja orientalis</i> | 1 | 0,03844 | 0,2999 | 3,3 | | 1 | | |
| <i>Tilia cordata</i> | 3 | 0,02411 | 0,1620 | 4,1 | | 3 | | |
| <i>Ulmus laevis</i> | 24 | 0,04254 | 0,1632 | 3,3 | | 15 | 9 | |
| <i>Ulmus carpinifolia</i> | 962 | 0,04031 | 0,1296 | 2,3 | | 925 | 21 | 16 |

Таблиця В.6

Вхідні параметри захисного насадження підприємства Алюмінієвий

| № | Вид дерева | кільк | a_i , г/кг | b_i г/кг | c_i , г/кг | y_i^1 | y_i^2 | y_i^3 | Відм |
|----|-------------------------------|-------|--------------|------------|--------------|---------|---------|---------|------|
| 1 | <i>Acer pseudoplatanus</i> | 2 | 0,44308 | 0,3456 | 3,5 | 1 | 1 | | |
| 2 | <i>Aesculus hippocastanum</i> | 11 | 0,60026 | 0,1284 | 3,6 | | 11 | | |
| 3 | <i>Ailanthus altissima</i> | 27 | 0,43326 | 0,6192 | 2,7 | 2 | 25 | | |
| 4 | <i>Betula pendula</i> | 2 | 0,28071 | 0,3718 | 5 | | 2 | | |
| 5 | <i>Catalpa bignonioides</i> | 16 | 0,49721 | 0,3012 | 3,9 | 6 | 10 | | |
| 6 | <i>Fraxinus lanceolata</i> | 57 | 0,42083 | 0,2184 | 3,4 | 9 | 42 | | 6 |
| 7 | <i>Morus alba</i> | 9 | 0,5226 | 0,1692 | 1,9 | 3 | 6 | | |
| 8 | <i>Picea pungens</i> | 13 | 0,44308 | 0,3718 | 3,5 | 4 | 9 | | |
| 9 | <i>Platanus acerifolia</i> | 1 | 0,2891 | 0,3718 | 3,5 | | 1 | | |
| 10 | <i>Populus alba</i> | 29 | 0,64267 | 0,6870 | 4,5 | | 24 | 5 | |
| 11 | <i>Populus nigra</i> | 5 | 0,67011 | 0,9264 | 3,7 | | 4 | 1 | |
| 12 | <i>Populus Simonii</i> | 1 | 0,57936 | 0,6798 | 3,7 | | 1 | | |
| 13 | <i>Quercus robur</i> | 3 | 0,44308 | 0,3718 | 3,5 | 3 | 0 | | |
| 14 | <i>Robinia pseudoacacia</i> | 348 | 0,2756 | 0,2610 | 4,2 | 14 | 325 | 5 | 4 |
| 15 | <i>Salix alba</i> | 15 | 0,6029 | 0,2304 | 3,2 | | 9 | 6 | |
| 16 | <i>Sorbus aucuparia</i> | 2 | 0,44308 | 0,3718 | 3,5 | | 2 | | |
| 17 | <i>Thuja orientalis</i> | 6 | 0,44308 | 0,3718 | 3,5 | 1 | 5 | | |
| 18 | <i>Tilia cordata</i> | 14 | 0,26031 | 0,1830 | 4 | 6 | 6 | | 2 |
| 19 | <i>Ulmus laevis</i> | 32 | 0,27071 | 0,2568 | 3,5 | 2 | 25 | 4 | 1 |
| 20 | <i>Ulmus carpinifolia</i> | 361 | 0,31054 | 0,1992 | 2,1 | 6 | 329 | 21 | 5 |

Вхідні параметри захисного насадження підприємства Вогнетрив

| № | Вид дерева | кількість | a_i , г/кг | b_i г/кг | c_i , г/кг | y_i^1 | y_i^2 | y_i^3 | Відм. |
|----|-------------------------------|-----------|--------------|------------|--------------|---------|---------|---------|-------|
| 1 | <i>Acer negundo</i> | 166 | 0,08476 | 0,6606 | 3,0 | | 152 | | 14 |
| 2 | <i>Acer platanoides</i> | 46 | 0,1068 | 0,7764 | 3,6 | | 45 | | 1 |
| 3 | <i>Aesculus hippocastanum</i> | 16 | 0,16036 | 0,6636 | 3,4 | 15 | 1 | | |
| 4 | <i>Ailanthus altissima</i> | 68 | 0,11552 | 1,5108 | 2,6 | 44 | 23 | | 1 |
| 5 | <i>Betula pendula</i> | 11 | 0,07837 | 0,9432 | 4,7 | | 11 | | |
| 6 | <i>Catalpa bignonioides</i> | 5 | 0,14144 | 0,8634 | 3,0 | | 5 | | |
| 7 | <i>Elaeagnus angustifolia</i> | 6 | 0,13718 | 0,9786 | 2,5 | 6 | 0 | | |
| 8 | <i>Fraxinus lanceolata</i> | 6 | 0,11093 | 0,3822 | 3,2 | | 6 | | |
| 9 | <i>Juglans regia</i> | 2 | 0,12984 | 1,1046 | 3,0 | | 2 | | |
| 10 | <i>Morus alba</i> | 18 | 0,13361 | 0,3048 | 2,3 | | 18 | | |
| 11 | <i>Picea abies</i> | 3 | 0,12594 | 0,8079 | 3,2 | 1 | 2 | | |
| 12 | <i>Picea pungens</i> | 10 | 0,12594 | 0,8079 | 3,2 | 1 | 9 | | |
| 13 | <i>Platanus acerifolia</i> | 1 | 0,12594 | 0,8079 | 3,2 | | 1 | | |
| 14 | <i>Populus alba</i> | 293 | 0,16627 | 1,2246 | 4,1 | | 274 | 19 | |
| 15 | <i>Populus nigra</i> | 48 | 0,18129 | 1,6710 | 4,2 | | 35 | 11 | 2 |
| 16 | <i>Populus Simonii</i> | 40 | 0,14242 | 1,1196 | 3,5 | | 39 | | 1 |
| 17 | <i>Robinia pseudoacacia</i> | 639 | 0,09076 | 0,3738 | 3,9 | 42 | 591 | 2 | 4 |
| 18 | <i>Salix alba</i> | 1 | 0,19881 | 0,4728 | 2,1 | | 1 | | |
| 19 | <i>Tilia cordata</i> | 2 | 0,07954 | 0,3678 | 3,8 | | 2 | | |
| 20 | <i>Ulmus carpinifolia</i> | 568 | 0,08318 | 0,3162 | 2,0 | | 540 | 24 | 4 |

Таблиця В.8

Вхідні параметри захисного насадження підприємства Трансформаторний

| № | Вид дерева | Кільк. | a_i , г/кг | b_i г/кг | c_i , г/кг | y_i^1 | y_i^2 | y_i^3 | Відм |
|----|-------------------------------|--------|--------------|------------|--------------|---------|---------|---------|------|
| 1 | <i>Acer negundo</i> | 156 | 0,02867 | 0,1488 | 2,00 | | 150 | | 6 |
| 2 | <i>Acer platanoides</i> | 187 | 0,03032 | 0,1380 | 2,50 | | 168 | 19 | |
| 3 | <i>Acer saccharinum</i> | 80 | 0,02867 | 0,1488 | 2,50 | | 75 | 5 | |
| 4 | <i>Aesculus hippocastanum</i> | 63 | 0,04176 | 0,1146 | 2,80 | | 63 | | |
| 5 | <i>Ailanthus altissima</i> | 15 | 0,01916 | 0,3240 | 1,90 | 1 | 11 | 3 | |
| 6 | <i>Armeniaca vulgaris</i> | 5 | 0,02711 | 0,1206 | 2,50 | 2 | 3 | | |
| 7 | <i>Betula pendula</i> | 66 | 0,02032 | 0,1704 | 3,00 | | 65 | | 1 |
| 8 | <i>Catalpa bignonioides</i> | 2 | 0,02531 | 0,1254 | 2,20 | | 2 | | |
| 9 | <i>Cotinus coggygria</i> | 172 | 0,02867 | 0,1488 | 2,50 | | 172 | | 1 |
| 10 | <i>Fraxinus lanceolata</i> | 14 | 0,02248 | 0,1158 | 2,50 | | 14 | | |
| 11 | <i>Juglans regia</i> | 10 | 0,02506 | 0,1308 | 2,40 | 1 | 9 | | |
| 12 | <i>Malus silvestris</i> | 8 | 0,02867 | 0,1488 | 2,50 | | 8 | | |
| 13 | <i>Picea abies</i> | 33 | 0,02867 | 0,1488 | 2,50 | | 33 | | |
| 14 | <i>Pinus sylvestris</i> | 13 | 0,02867 | 0,1488 | 2,50 | | 13 | | |
| 15 | <i>Platanus acerifolia</i> | 10 | 0,01936 | 0,1488 | 2,50 | | 10 | | |
| 16 | <i>Populus nigra</i> | 30 | 0,02867 | 0,1488 | 3,30 | | 23 | 6 | 1 |
| 17 | <i>Populus pyramidalis</i> | 134 | 0,04312 | 0,1470 | 2,50 | | 110 | 19 | 5 |
| 18 | <i>Quercus robur</i> | 112 | 0,02867 | 0,1488 | 2,50 | | 109 | 3 | |
| 19 | <i>Robinia pseudoacacia</i> | 86 | 0,01721 | 0,1302 | 3,10 | | 78 | 4 | 4 |

Продовження таблиці В.8

| | | | | | | | | | |
|----|-------------------------|-----|---------|--------|------|---|-----|---|---|
| 20 | <i>Sophora japonica</i> | 10 | 0,02867 | 0,1488 | 2,50 | | 8 | 2 | |
| 21 | <i>Sorbus aucuparia</i> | 18 | 0,02867 | 0,1488 | 2,50 | 5 | 13 | | |
| 22 | <i>Thuja orientalis</i> | 23 | 0,02867 | 0,1488 | 2,50 | 8 | 15 | | |
| 23 | <i>Tilia cordata</i> | 264 | 0,01760 | 0,1068 | 2,50 | | 263 | | 1 |
| 24 | <i>Ulmus parvifolia</i> | 128 | 0,02867 | 0,1620 | 2,50 | | 121 | 3 | 4 |

Додаток Г

«УЗГОДЖЕНО»

Проректор з наукової роботи ДДАЕУ
Доктор біологічних наук, професор
Грицан Ю.І.
2020 р.

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Головний лісничий ДП «Запорізьке
Лісомисливське господарство»
Хижняк Б.С.
2020 р.

АКТ

реалізації результатів, викладених в дисертаційній роботі
Скляренко А. В. «Еколого-біологічні особливості зелених насаджень
санітарно-захисних зон підприємств Запорізького промислового
регіону»

Організація:

Цим актом підтверджується, що результати дисертаційної роботи «Еколого-біологічні особливості зелених насаджень санітарно-захисних зон підприємств Запорізького промислового регіону», виконаної з серпня 2017 року по червень 2020, рекомендовані до впровадження на території санітарно-захисної зони підприємства Укрграфіт м. Запоріжжя ДП «Запорізьке Лісомисливське господарство»

1. Вид впровадження результатів: рекомендації щодо оновлення та доповнення видами деревних рослин зелених насаджень санітарно-захисної зони підприємства Укрграфіт з урахуванням їх стійкості до забруднення повітря атмосферними поллютантами. Створення тіншовитривалих живоплотів між основними рядами дерев та вздовж основних алеї для збільшення листкової поверхні та щільності зеленого насадження з метою покращення його захисних функцій.
2. Форма впровадження: Рекомендації щодо доповнення та заміни сухоюстою захисних насаджень стійкими до забруднювачів деревними породами: *Ailanthus altissima*, *Robinia pseudoacacia*, *Ulmus parvifolia*, *Ulmus carpinifolia*, *Populus simonii*, *Populus alba*, *Sophora japonica*, *Quercus robur*, *Fraxinus lanceolata* та ін й *Juniperus communis*, *Evonymus europaea*, *Ligustrum vulgare*, *Cornus alba*, *Rosa canina*. Результати базуються на дослідженні видового складу, життєвого стану, таксаційних характеристик деревостанів їх щільності та конструкції у зеленій зоні спеціального призначення підприємства Укрграфіт м. Запоріжжя.
3. Характеристика масштабу впровадження: одиничне.
4. Новизна результатів науково-дослідної діяльності: якісно-нові.
5. Соціальний та науково-практичний ефект: пропозиції забезпечують збільшення щільності зелених масивів СЗЗ відповідно нормам, сприятимуть зростанню фітомаси і площі листкової поверхні та покращення санітарно-гігієнічних умов урботехногенних територій.

Додаток Д

«УЗГОДЖЕНО»

Проректор з наукової роботи ДДАЕУ
Доктор біологічних наук, професор
Юрищан Ю.І.



« 2020 р.

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник начальника з відділу,
старший державний інспектор з охорони
навколишнього природного середовища
Запорізької області, відділу державного
екологічного нагляду (контролю)
земельних ресурсів

Новик С.В.
« 2020 р.

АКТ

реалізації результатів, викладених в дисертаційній роботі
Скляренко А. В. «Еколого-біологічні особливості зелених
насаджень санітарно-захисних зон підприємств Запорізького
промислового регіону»

Організація:

Цим актом підтверджується, що результати дисертаційної роботи «Еколого-біологічні особливості зелених насаджень санітарно-захисних зон підприємств Запорізького промислового регіону», виконаної з серпня 2017 року по червень 2020, рекомендовані до впровадження на території промислового комплексу м. Запоріжжя Державною екологічною інспекцією в Запорізькій області.

1. Вид впровадження результатів: рекомендації щодо підбору асортименту деревних рослин, які характеризуються максимальним накопиченням поллютантів (сполуки сірки, хлору, фтору, фенолів) для посадки на територіях зелених захисних смуг підприємств м. Запоріжжя з метою поліпшення атмосферного повітря. Рекомендації базуються на дослідженні зелених насаджень санітарно-захисних зон заводів м. Запоріжжя.
2. Характеристика масштабу впровадження: одиничне
3. Новизна результатів науково-дослідної діяльності: якісно-нові.
4. Форма впровадження: рекомендації щодо посадки зелених захисних смуг деревними породами, які максимально поглитають газоподібні забруднювачі: *Robinia pseudoacacia*, *Populus alba*, *Populus nigra*, *Populus simonii*, *Ailanthus altissima*, *Platanus orientali*, *Juglans regia*, *Fraxinus lanceolata* та ін. Результати базуються на дослідженні акумулюючої здатності шкідливих поллютантів листками зростаючих видів дерев в СЗЗ промислових підприємств м. Запоріжжя.

5. Соціальний та науково-практичний ефект: пропозиції забезпечують високий рівень накопичувальної здатності промислових поллютантів (сполук фтору, хлору, сірки та фенолів) зеленими насадженнями СЗЗ після їх реконструкції, і відповідно, їх значну фітомеліоративну здатність, що сприятиме покращенню санітарно-гігієнічних умов урботехногенних територій.

Додаток Ж

