

Міністерство освіти і науки України
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
Міністерство освіти і науки України
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

Белик Юлії Вільєвни

УДК 581.522.4 (477.63)(043.3)

ДИСЕРТАЦІЯ

Еколого-фізіологічні особливості аборигенних та інтродукованих видів деревних і чагарникових рослин на деастрованих землях Криворіжжя

Спеціальність: 091 Біологія

Біологічні науки

Подається на здобуття ступеня доктора філософії

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

_____ Белик Ю.В.

Науковий керівник:

Лихолат Юрій Васильович,
доктор біологічних наук, професор

Дніпро – 2023

АНОТАЦІЯ

Белик Ю.В. – Еколого-фізіологічні особливості аборигенних та інтродукованих видів деревних і чагарникових рослин на дегазованих землях Криворіжжя.

Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 091 «Біологія» – Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара МОН України, Дніпро, 2022.

Дисертаційна робота присвячена комплексному дослідженню еколого-фізіологічних особливостей аборигенних та інтродукованих видів деревних і чагарникових рослин, що природно поширені на дегазованих землях Криворіжжя. На прикладі деревно-чагарникових рослинних угруповань порушених земель, було досліджено: таксономічний склад та екологічні групи рослинності, життєвий стан дерев, вміст важких металів та макронутрієнтів в ґрунті та листі рослин, морфометричні та фізіологічні параметри досліджуваних видів, а також запропоновані рекомендації щодо оптимізації заходів заліснення промислових регіонів.

Для проведення комплексного аналізу еколого-фізіологічних особливостей аборигенних та інтродукованих видів деревних і чагарникових рослин, було відібрано 6 дослідних ділянок (30 тимчасових пробних майданчиків), які знаходяться в умовах високого техногенного навантаження: території колишнього рудника ім. Ф.Е. Дзержинського, Коломоївського, Жовтневого та Карачунівського гранітних кар'єрів Криворізького залізорудного регіону та ландшафтного заказника місцевого значення «Візирка». Зауважимо, що дослідження проводили на порушених територіях, які не були рекультивовані. В якості умовного контролю було обрано ділянки в Гурівському лісі (Кіровоградська область), які віддалені від промислових підприємств.

Проаналізовано закономірності утворення техногенно дегастрованих земель. Встановлено, що основними факторами, які призводять до формування дегастрованих земель є негативні наслідки чинників натурогенного (наслідки природних процесів) та антропогенного (наслідки діяльності людини) генезису, а також їх комбінації.

У результаті досліджень було виявлено, що деревно-чагарникові угруповання дегастрованих земель Криворіжжя, складаються з 54 видів вищих рослин, що належать до які належать до 34 родів та 18 родин. У межах різних дослідних ділянок існує значна варіабельність кількості видів і родин. Найчисельнішими є родини Rosaceae, Salicaceae, Aceraceae та Ulmaceae, що представлені видами на всіх дослідних ділянках.

За екологічними і біоморфічними характеристиками видів деревних та чагарникових рослин, побудовано відповідні спектри біо- та екоморф. Основу деревно-чагарникових рослинних угруповань, що природно поширені на дегастрованих землях Криворіжжя створюють сільванти (55,5% від загальної кількості видів), інші групи представлені меншою кількістю. Крім того серед життєвих форм за класифікацією К. Раункієра (1934) домінують фанерофіти (98,15%), також зустрічаються хамефіти (1,85%). У спектрі гігроморф найчисельнішими є мезоксерофіти, вони представлені майже 37,04 % від загальної кількості рослин, ксеромезофіти, які налічують 31,48% та мезофіти (27,8%). Екогрупа ксерофітів представлена в найменшій кількості – 3,7%.

У трофоморфічних спектрах найчисельнішими є мезотрофи (64,8 % від загальної кількості видів. Наступними, за часткою участі у спектрах, є мегатрофи (13 %) та олігомезотрофи (9,25%). Частка перехідних трофоекоморф є незначною.

Аналіз геліоморфічних спектрів виявив переважання геліофітів та сціогеліофітів – кожна екогрупа по 46,3%. Геліосціофіти займають третю позицію та представлені незначною кількістю – 7,41%.

У спектрах полленохор переважають ентомофільні деревні та чагарникові види, що природно поширені на дегазованих землях Криворіжжя, частка участі яких складає – 74,07%. Анемофільні види становлять меншість – (25,93%).

Діаспорохорія представлена різними способами дисемінації: анемохорія переважає в деревно-чагарникових рослинних угрупованнях дегазованих земель Криворіжжя та складає 46,41% (від загальної кількості видів), ендозоохорія становить – 42,6%, види-балісти займають – 7,3%, види синзоохори представлені найменшою кількістю – 3,7% (від загальної кількості видів).

За шкалою В. А. Алексєєва (1989) встановлено, що деревні види рослин, які природно поширені на дегазованих землях Криворіжжя, мають «ослаблений» життєвий стан за показниками кількості стовбурів ($70,18 \pm 1,28$ умовних балів) і запасів стовбурної деревини ($68,46 \pm 3,43$ умовних балів) та суми площ поперечних перерізів ($68,39 \pm 2,98$ умовних балів).

Досліджено таксаційні параметри деревостанів техногенно порушених земель Криворіжжя. З'ясовано, що в складних екологічних умовах суттєво зменшуються біометричні показники дерев: висота дерев зменшуються до 28,8%, діаметр стовбура – до 30,1%, а площа поперечних перерізів та запас стовбурної деревини – до 55,9% та 67,4% відповідно, порівняно з контрольними значеннями (Гурівський ліс, кіровоградська обл.).

Проведено аналіз морфологічних параметрів асиміляційного апарату *Betula pendula* Roth, що природно поширена на модельному Петровському відвалі (м. Кривий Ріг). Відповідно до результатів морфометричного аналізу, в умовах дослідних ділянок Петровського відвалу спостерігається достовірне відхилення лінійних параметрів листків берези повислої щодо контролю. Установлено, що рівень флуктуючої асиметрії залежить від рівня техногенного навантаження: на контрольній ділянці цей показник складає – 0,032, тоді як на відвалі середній інтегральний показник флуктуючої асиметрії для берези повислої становить 0,0556, що свідчить про наближення екологічного стану до передкритичного рівня.

Дослідження фізіологічних параметрів асиміляційного апарату трьох видів деревних рослин: берези повислої (*Betula pendula* Roth.), клена ясенелистого (*Acer negundo* L.) та робінії звичайної (*Robinia pseudoacacia* L.) проводили в межах Петровського залізорудного відвалу. Підтверджено високу чутливість пігментного комплексу рослин до техногенного навантаження в умовах дегазованих земель Криворізького гірничо-металургійного регіону. Встановлено, що вміст хлорофілу в листках клену ясенелистого на всіх ділянках Петровського залізорудного відвалу статистично достовірно менше контрольних показників (на 35 – 65%). Концентрація хлорофілу в листі берези повислої лише на ділянці V вміст хлорофілу статистично достовірно на 22 % менше за контрольні показники, тоді як на всіх інших ділянках вміст пігментів знаходиться на рівні контролю. Встановлено, що на моніторингових ділянках III та V були виявлені найменші концентрації хлорофілу у листках робінії звичайної, які є статистично достовірно на 24–51 % меншими за контроль.

За результатами наших досліджень, найбільш стабільні показники співвідношення хлорофілу *a* до хлорофілу *b* було виявлено в листі берези повислої, від 1,02 до 2,78 на різних дослідних ділянках в межах Петровського відвалу, порівняно з контрольним значенням – 3,21. Нерівномірно підвищувалося співвідношення хлорофілу *a* до хлорофілу *b* в листі клена ясенелистого з 1,93 у контролі (Гурівський ліс) до 1,1–14,5 на дегазованих землях залізорудного відвалу. Стрімке збільшення співвідношення хлорофілу *a* до хлорофілу *b* було зафіксовано в листі робінії звичайної, відповідно 1,28–1,60, порівняно з контрольними показниками – 0,51.

Проведено дослідження вмісту фенольних сполук в листі трьох видів деревних рослин: берези повислої (*Betula pendula* Roth.), клена ясенелистого (*Acer negundo* L.) та робінії звичайної (*Robinia pseudoacacia* L.) на Петровському залізорудному відвалі. Концентрація фенольних сполук у всіх зразках листків клену ясенелистого на 15 – 65 % перевищує контрольні значення. За результатами біохімічного аналізу листків робінії звичайної з'ясовано максимальне, серед досліджених видів деревних

рослин, збільшення вмісту фенольних сполук – на всіх дослідних ділянках у 2,2 – 2,7 разів. Виявлено достатньо високе коливання вмісту загальних фенолів у листках берези (*Betula pendula*), порівняно з контрольними зразками.

Визначення концентрацій макронутрієнтів (K, Ca, Mg, P, S) і важких металів (Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Cd) у ґрунті дегазованих земель Петровського відвалу проводили за допомогою мас-спектрометрії з індуктивно-зв'язаною плазмою (прилад ICP-MS серії X 2, Thermo Fisher Scientific, США). Серед основних елементів живлення рослин (N, P, K, S, Ca, Mg), було виявлено зменшення концентрації кальцію і магнію на деяких ділянках, що свідчать про серйозний дефіцит цих поживних елементів (в 2-5 разів нижче контрольних значень). Було виявлене суттєве збільшення сірки, порівняно з контрольними значеннями. Концентрація фосфору мала різномірну направленість.

Особливістю дегазованих земель Криворіжжя є підвищення валового вмісту важких металів у ґрунті, особливо заліза, марганцю, міді, кадмію, а також цинку на деяких ділянках. Концентрації цих металів були в 1,2 – 5,9 рази вище контрольних показників. Слід зазначити, що були виявлені більш низькі рівні вмісту свинцю в порівнянні з контролем (в 1,5 – 2,7 рази). Вміст цинку в ґрунтах дегазованих земель характеризується різноспрямованими відхиленнями від контрольного значення.

Визначення концентрацій макронутрієнтів (K, Ca, Mg, P, S) та важких металів (Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Cd) в листі провідних видів дерев на Петровському відвалі проводили за допомогою мас-спектрометрії з індуктивно-зв'язаною плазмою (прилад ICP-MS серії X 2, Thermo Fisher Scientific, США). З'ясовано, що ріст і розвиток дерев на техногенно порушених територіях відбувається при явному дефіциті поживних речовин (особливо K і P) і надлишку металів (особливо Fe, Mn і Zn).

Встановлено флористичне ядро деревних та чагарникових рослин техногенно порушених земель Криворіжжя. Враховуючи одночасно кількість моніторингових ділянок, на яких вид був зареєстрований та запаси стовбурної деревини можна

зробити висновок, що у дендрофітоценозах, які природно зростають на девастрованих землях Криворіжжя, флористичне ядро складають: *Acer negundo* L., *Armeniaca vulgaris* Lam., *Elaeagnus angustifolia* L., *Rosa canina* L., *Cotinus coggygia* Scop., *Robinia pseudoacacia* L., *Juglans regia* L., *Cerasus mahaleb* (L.) Mill., *Malus domestica* Borkh., *Populus x canescens* (Ait.) Smith, *Populus nigra* L., *Populus deltoides* Marshall., *Pyrus communis* L., *Morus nigra* L., *Swida sanguinea* (L.) Opiz, *Fraxinus excelsior* L., *Ulmus pumila* L., *Ulmus laevis* Pall. та *Ulmus minor* Mill.

Обґрунтовано перелік деревних видів рослин перспективних для фітооптимізації техногенно девастрованих земель за комплексними показниками з урахуванням ксерофітності, оліготрофності, толерантності до високих температур та особливостей запилення, поширення. Узагальнено практичні заходи заліснення техногенно порушених територій, як одного з найбільш дієвих способів поліпшення екологічної стабільності земельної території. Впровадження рекомендованих видів дерев та чагарників для фітооптимізації девастрованих земель, сприятиме поліпшенню їх загального стану та може значно скоротити витрати на рекультивацію відвалів та кар'єрів Криворіжжя.

Під час виконання роботи удосконалено методи визначення життєвості деревних видів рослин та визначення флористичного ядра. Отримані результати розширюють уявлення про деревні рослини на девастрованих землях Криворіжжя.

Результати досліджень еколого-фізіологічних особливостей аборигенних та інтродукованих видів деревних і чагарникових рослин на девастрованих землях Криворіжжя використовуються в науково-дослідній та навчальній роботі у Дніпровському національному університеті імені Олеся Гончара.

Ключові слова: девастровані землі, трофоморфи, деревні види рослин, дерева та чагарники, флористичне ядро, життєвий стан, флуктуюча асиметрія, хлорофіл, важкі метали, макронутрієнти, рекультивація, екоморфи, адвентивні види, екоморфічний аналіз, флора, ґрунт, видобуток залізної руди, фенольні сполуки, забруднювачі, видовий склад, степова зона; біометричні показники, ландшафт, інвазійні види.

SUMMARY

Bielyk Yu.V. – Ecological and physiological features of aboriginal and introduced species of trees and shrubs on the devastated lands of Kryvyi Rih district. – Manuscript.

Dissertation for obtaining a scientific degree of a Doctor of Philosophy with major in 091 «Biology». – Dnipro National University. Oles Honchar MSE of Ukraine, Dnipro, 2023.

The dissertation is devoted to a comprehensive study of ecological and physiological features of aboriginal and introduced species of trees and shrubs naturally distributed on the devastated lands of Kryvyi Rih district. Using the example of communities of trees and shrubs of the disturbed lands, the following was investigated: taxonomic composition and ecological groups of vegetation, life status of trees, content of heavy metals and macronutrients in soil and plant leaves, morphometric and physiological parameters of the studied species, as well as the recommendations were proposed for optimization of afforestation measures in industrial regions.

In order to carry out a comprehensive analysis of the ecological and physiological characteristics of aboriginal and introduced species of trees and shrubs, 6 experimental sites (30 temporary test sites) were selected, which are located in the conditions of high man-made load: the territory of the former mine named after F. E. Dzerzhynskyi, Kolomoivskyi, Zhovtnevyi and Karachuny granite quarries of Kryvyi Rih iron ore region and the landscape reserve of local importance «Vizyrka». It should be noted that the research was conducted on the disturbed territories that were not rehabilitated. As a conditional control the plots in Gurivka forest (Kirovograd region), which are distant from industrial enterprises, were chosen.

The regularities of formation of technogenically devastated lands were analysed. It was established that the main factors that lead to formation of devastated lands are the negative consequences of the factors of natural (consequences of natural processes) and anthropogenic (consequences of human activity) genesis, as well as their combination.

As a result of the research, it was found that the tree-shrub groupings of the devastated lands of Kryvyi Rih district consist of 54 species of higher plants belonging to

34 genera and 18 families. There is considerable variability in the number of species and families within different experimental sites. The most numerous are Rosaceae, Salicaceae, Aceraceae and Ulmaceae families, which are represented by species in all experimental areas.

According to the ecological and biomorphic characteristics of woody and shrub species, corresponding spectra of bio- and ecomorphs were constructed. The basis of the tree-shrub plant communities that are naturally distributed on the devastated lands of Kryvyi Rih is created by sylvans (55.5% of the total number of species); other groups are represented in smaller numbers. In addition, phanerophytes (98.15%) dominate among life forms according to the classification of K. Raunkier (1934), and chamephytes (1.85%) also occur. In the spectrum of hygromorphs, mesoxerophytes are the most numerous, they represent almost 37.04% of the total number of plants, xeromesophytes, which number is 31.48%, and mesophytes (27.8%). The xerophyte ecogroup is represented in the smallest amount - 3.7%.

In the trophomorphic spectra, the most numerous are mesotrophs (64.8% of the total number of species). Next, by the share of participation in the spectra, are megatrophs (13%) and oligomesotrophs (9.25%). The share of transitional trophoecomorphs is insignificant.

The analysis of haeliomorphic spectra revealed the predominance of heliophytes and scioheliophytes – each ecogroup accounted for 46.3%. Heliosciophytes occupy the third position and are represented by a small amount – 7.41%.

Pollenochor spectra are dominated by entomophilous woody and shrub species that are naturally distributed on the devastated lands of Kryvorizhye, the share of which is 74.07%. Anemophilic species are a minority – (25.93%).

Diasporochory is represented by various methods of dissemination: anemochory prevails in tree-shrub plant communities of the devastated lands of Kryvyi Rih district and accounts for 46.41% (of the total number of species), endozoochory is 42.6%, ballist species occupy 7.3%, synzoochory species represented by the smallest number – 3.7% (of the total number of species).

According to the scale of V. A. Alekseyev (1989), it was established that woody species of plants, which are naturally distributed on the devastated lands of Kryvyi Rih district, have a «weakened» life state according to the indicators of the number of trunks (70.18 ± 1.28 conditional points) and stocks of trunk wood (68.46 ± 3.43 conditional points) and the sum of cross-sectional areas (68.39 ± 2.98 conditional points).

Taxation parameters of trees of technologically disturbed lands of Kryvyi Rih district were studied. It was found that under difficult environmental conditions, the biometric indicators of trees decrease significantly: the height of trees decreases to 28.8%, the diameter of the trunk – up to 30.1%, and the cross-sectional area and stock of trunk wood up to 55.9% and 67.4% respectively compared to control values (Gurivka forest, Kirovograd region).

An analysis of the morphological parameters of the assimilation apparatus *Betula pendula* Roth, which is naturally distributed on Petrivskyi model dump (Kryvyi Rih), was carried out. According to the results of the morphometric analysis, there is a significant deviation of the linear parameters of the leaves of the hanging birch compared to the control in the conditions of the experimental plots of Petrivskyi dump. It was established that the level of fluctuating asymmetry depends on the level of man-made load: on the control site this indicator is 0.032, while on the dump the average integral indicator of fluctuating asymmetry for hanging birch is 0.0556, which indicates that the ecological state is approaching the pre-critical level.

The study of the physiological parameters of the assimilation apparatus of three types of woody plants: hanging birch (*Betula pendula* Roth.), maple (*Acer negundo* L.) and common robinia (*Robinia pseudoacacia* L.) was carried out within Petrivskyi iron ore dump. The high sensitivity of the pigment complex of plants to man-made stress in the conditions of devastated lands of Kryvyi Rih mining and metallurgical region was confirmed. It was established that the content of chlorophyll in the leaves of the sycamore maple in all areas of Petrivskyi iron ore dump is statistically significantly lower than the control indicators (by 35 – 65%). The concentration of chlorophyll in the leaf of a hanging birch only in the site V is statistically significantly lower by 22% than the control

indicators, while in all other sites the pigment content is at the control level. It was established that the lowest concentrations of chlorophyll were detected in the leaves of common robinia at the monitoring sites III and V, which are statistically reliably 24–51% lower than the control one.

According to the results of our research, the most stable indicators of the ratio of chlorophyll *a* to chlorophyll *b* were found in the leaves of the hanging birch, from 1.02 up to 2.78 at different test sites within Petrivskyi dump, compared to the control value - 3.21. The ratio of chlorophyll *a* to chlorophyll *b* in ash maple leaves increased unevenly from 1.93 within the control (Gurivka forest) up to 1.1–14.5 in the devastated lands of the iron ore dump. A rapid increase in the ratio of chlorophyll *a* to chlorophyll *b* was recorded in the leaves of the common robinia, 1.28–1.60 respectively, compared to the control indicators – 0.51.

The study of the content of phenolic compounds was made in the leaves of three types of woody plants: hanging birch (*Betula pendula* Roth.), maple (*Acer negundo* L.) and common robinia (*Robinia pseudoacacia* L.) at Petrivskyi iron ore dump. The concentration of phenolic compounds in all samples of maple leaves exceeds the control values by 15-65%. According to the results of the biochemical analysis of the leaves of the common robinia, the maximum increase in the content of phenolic compounds among the studied species of woody plants was found - in all experimental areas by 2.2 – 2.7 times. A sufficiently high fluctuation of the content of total phenols in the leaves of birch (*Betula pendula*) was revealed, compared to the control samples.

Determination of the concentrations of macronutrients (K, Ca, Mg, P, S) and heavy metals (Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Cd) in the soil of the devastated lands of Petrivskyi dump was carried out using inductively coupled plasma mass spectrometry (instrument ICP-MS series X 2, Thermo Fisher Scientific, USA). Among the main plant nutrients (N, P, K, S, Ca, Mg), a decrease in the concentration of calcium and magnesium was found in some areas, indicating a serious deficiency of these nutrients (2 – 5 times lower than control values). A significant increase in sulphur compared to control values was found. Phosphorus concentration had different directionality.

A feature of the devastated lands of Kryvyi Rih district is the increase in the gross content of heavy metals in the soil, especially iron, manganese, copper, cadmium, and zinc in some areas. The concentrations of these metals were 1.2 to 5.9 times higher than the reference values. It should be noted that lower levels of lead content were found compared to the control ones (by 1.5 – 2.7 times). The content of zinc in the soils of devastated lands is characterized by multidirectional deviations from the control value.

Determination of the concentrations of macronutrients (K, Ca, Mg, P, S) and heavy metals (Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Cd) in the leaves of the leading species of trees in Petrivskiy dump was carried out using mass spectrometry with inductively coupled plasma (X 2 ICP-MS device, Thermo Fisher Scientific, USA). It has been found that the growth and development of trees in man-made disturbed areas occurs with a clear deficiency of nutrients (especially K and P) and an excess of metals (especially Fe, Mn and Zn).

The floristic core of trees and shrubs of technogenically disturbed lands of the Krivoy Rog region has been established. At the same time considering the number of monitoring sites, where the species was registered, and the stocks of stem wood, it can be concluded that in the dendrophytocenoses growing naturally on the devastated lands of Kryvyi Rih, the floristic core consists of: *Acer negundo* L., *Armeniaca vulgaris* Lam., *Elaeagnus angustifolia* L., *Rosa canina* L., *Cotinus coggygria* Scop., *Robinia pseudoacacia* L., *Juglans regia* L., *Cerasus mahaleb* (L.) Mill., *Malus domestica* Borkh., *Populus x canescens* (Ait.) Smith, *Populus nigra* L., *Populus deltoides* Marshall., *Pyrus communis* L., *Morus nigra* L., *Swida sanguinea* (L.) Opiz, *Fraxinus excelsior* L., *Ulmus pumila* L., *Ulmus laevis* Pall. and *Ulmus minor* Mill.

The list of woody plant species promising for phytooptimization of technogenically devastated lands is based on complex indicators, taking into account xerophyticity, oligotrophicity, tolerance to high temperatures and features of pollination and distribution. The practical measures of afforestation of technogenically disturbed territories are summarized as one of the most effective ways to improve the ecological stability of the land area. The introduction of recommended species of trees and shrubs for phytooptimization of devastated lands will contribute to the improvement of their general

condition and can significantly reduce the costs of reclamation of dumps and quarries in Kryvyi Rih district.

During the work, the methods of determining the vitality of woody plant species and determining the floral core were improved. The obtained results broaden the understanding of woody plants on the devastated lands of Kryvyi Rih district.

The results of the research on ecological and physiological features of aboriginal and introduced species of trees and shrubs on the devastated lands of Kryvyi Rih district are used in the research and educational work at Dnipro National University named after Oles Gonchar.

Keywords: devastated lands, man-made disturbed lands, trophomorphs, woody species of plants, trees and shrubs, floristic nucleus, vital state, fluctuating asymmetry, chlorophyll, heavy metals, macronutrients, reclamation, ecomorphs, adventive species, ecomorphic analysis, flora, soil, iron ore mining, phenolic compounds, pollutants, species composition, steppe zone, biometric indexes, landscape, invasive species.

**Список публікацій здобувача,
в яких опубліковані основні наукові результати дисертації**

Монографія:

1. Savosko V.M., Lykholat Y.V., **Bielyk Y.V.** Foresting of technogenic devastated lands as an effective factor for environmental safety at the mining & metallurgical district. In: Y.V. Lykholat (ed.). *Effects of pollution and climate change on the ecosystem componenets* Praha, Oktan Print, 2021. P.6–39. DOI: [10.46489/EOPACC-1204211](https://doi.org/10.46489/EOPACC-1204211). (*Особистий внесок: виконання польових досліджень, обробка отриманих результатів, написання статті та розділу I*).

**Публікації у наукових зарубіжних виданнях,
які включені до міжнародних наукометричних баз даних:**

2. **Bielyk Y.**, Savosko V., Lykholat Y. et al. Macronutrients and heavy metals contents in the leaves of trees from the devastated lands at Kryvyi Rih District (Central Ukraine). *Web of Conferences*. (22 April 2020). 2020. Vol. 166. DOI: [10.1051/e3sconf/202016601011](https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016601011). (**Indexed in:** Agricultural & Environmental Science Database (ProQuest), Chemical Abstracts Service (CAS), Web of Science Core Collection (Emerging Sources Citation Index), DOAJ, Earth, Atmospheric & Aquatic Science Database (Proquest), EBSCO (EBSCO Discovery Service), Ei Compendex, Google Scholar, IET INSPEC, Materials Science & Engineering Database (ProQuest), NASA ADS, SciTech Premium Collection (ProQuest), **Scopus**, Technology Collection (ProQuest), Wanfang Data)) (*Особистий внесок: виконання польових досліджень, опрацювання матеріалів, аналіз результатів, написання статті*).

3. Savosko V.M., **Bielyk Y.V.**, Lykholat Y.V., Heilmeier Assesment of heavy metals concentration in initial soils of post-mining landscapes in Kryvyi Rih District (Ukraine). *Ekológia (Bratislava)*. 2022. Vol. 41, No. 3, p. 201–211, DOI: <https://doi.org/10.2478/eko-2022-0020>. (**Indexed in:** National Agricultural Library, Web of Science (Biological Abstracts, BIOSIS Previews, Zoological Record), DOAJ, EBSCO (EBSCO Discovery Service), Google Scholar, **Scopus**, Semantic Scholar,

Wanfang Data) (**Особистий внесок:** виконання польових досліджень, опрацювання матеріалів, аналіз результатів, написання статті).

4. Lykholat T. Y., Lykholat O. A., Marenkov O. M., Lykholat Y. V. and (**Bielyk Y. V.**) Belic Y. V. Proteolytic processes in organism of different age rats exposed to xenoestrogens. *Journal of Physics: Conference Series*. (22 May 2022). 2022. Vol. 2288. DOI [10.1088/1742-6596/2288/1/012013](https://doi.org/10.1088/1742-6596/2288/1/012013). (Indexed in: Web of Science Core Collection (Emerging Sources Citation Index), DOAJ, Earth, Google Scholar, Scopus) (Особистий внесок: опрацювання матеріалів, аналіз результатів, написання статті).

**Публікації у наукових фахових виданнях,
які включені до міжнародних наукометричних баз даних:**

5. Savosko V., **Bielyk Y.**, Lykholat Y. et al. The total content of macronutrients and heavy metals in the soil on devastated lands at Kryvyi Rih Iron Mining & Metallurgical District (Ukraine). *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. 2021. № 30(1). P. 153–164. DOI: <https://doi.org/10.15421/112114>. (**Категорія журналу А; Indexed in:** Directory of Open Access Journals, Open Academic Journals Index, CiteFactor, Crossref, Index Copernicus International, Google Scholar, National Library of Ukraine Vernadsky, Eurasian Scientific Journal Index (ESJI), MIAR, Copac - Library Hub Discover, Sudoc - Library directory University Documentation System, WorldCat, EZB - Electronic Journal Library, WILBERT (Wildaüer Bucher +Medien Recherche-Tool), TIB, Leibniz Information Centre for Science and Technology, PHSG University of Education St.Gallen (Pädagogische Hochschule St.Gallen), The Open University, Web of Science Core Collection (Emerging Sources Citation Index)). (**Особистий внесок:** виконання польових досліджень, опрацювання матеріалів, аналіз результатів, написання статті).

6. Savosko V., Lykholat Y., **Bielyk Y.**, Lykholat T. Ecological and geological determination of the initial pedogenesis on devastated lands in the Kryvyi Rih Iron Mining & Metallurgical District (Ukraine). *Journal of Geology, Geography and*

Geocology. 2019. № 28(4). P. 738–746. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.15421/111969>. (**Категорія журналу А; Indexed in:** Directory of Open Access Journals, Open Academic Journals Index, CiteFactor, Crossref, Index Copernicus International, Google Scholar, National Library of Ukraine Vernadsky, Eurasian Scientific Journal Index (ESJI), MIAR, Copac Library Hub Discover, Sudoc - Library directory University Documentation System, WorldCat, EZB - Electronic Journal Library, WILBERT (Wildaüer Bucher +Medien Recherche-Tool), TIB, Leibniz Information Centre for Science and Technology, PHSG University of Education St.Gallen (Pädagogische Hochschule St.Gallen), The Open University, Web of Science Core Collection (Emerging Sources Citation Index)). (**Особистий внесок:** виконання польових досліджень, опрацювання матеріалів, аналіз результатів, написання статті).

7. Lykholat Y.V., Khromykh N.O., Lykholat T.Y., **Bielyk, Yu.V.** et al. Industrial characteristics and consumer properties of Chaenomeles Lindl. Fruits. Ukrainian Journal of Ecology. 2019. № 9(3). P. 132–137. DOI: <https://www.ujecology.com/articles/industrial-characteristics-andconsumer-properties-of-chaenomeles-lindl-fruits.pdf>. (**Категорія журналу А; Indexed in:** Academic Journals Database, Agricola, AGRIS, CAB Abstracts, Directory of Open Access Journals, **Bielefeld Academic Search Engine (BASE)**, EBSCO A-Z, eLIBRARY.ru, Euro Pub, Google Scholar, HINARI, JournalTOCs, OAIsters Directory, OCLC-WorldCat, Pollution Abstracts, Publons, SciLit - Scientific Literature, Ulrich's Periodicals Directory, Web of Science Core Collection (Emerging Sources Citation Index)). (**Особистий внесок:** виконання польових досліджень, опрацювання матеріалів, аналіз результатів, написання статті).

Публікації у наукових фахових виданнях України:

8. Савосько В.М., Лихолат Ю.В., Белик Ю.В., Григорюк І.П. Апофітні та адвентивні деревні види на девастрованих землях гранітних кар'єрів Криворіжжя. *Біоресурси і природокористування*. 2019. Т. 11, № 1-2. С. 14–25. DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/bio2019.01.002>. (**Категорія журналу Б; Indexed**

in: Erihplus, AGRIS, EBSCO publishing, MIAR, Google Scholar, BASE, ResearchBib, Ulrichsweb). (*Особистий внесок: виконання польових досліджень, опрацювання матеріалів, аналіз результатів, написання статті*).

9. Бєлик Ю.В., Савосько В.М., Лихолат Ю.В. Екологічна обумовленість показників життєвості та дендрометричних параметрів дендрофітоценозів природно поширених на девастрованих землях залізорудного відвалу. Вісник Одеського національного університету. Серія Біологія. 2022. Т. 7, Вип. 1(50). С. 7 – 23. (**Категорія журналу Б; Indexed in:** Національна бібліотека України ім. В. І. Вернадського, ResearchBib, Index Copernicus International, Google Scholar). (*Особистий внесок: виконання польових досліджень, опрацювання матеріалів, аналіз результатів, написання статті*).

10. Бєлик Ю.В., Савосько В.М., Лихолат Ю.В., Іжболдін О.О., Лихолат Т.Ю. Варіабельність умісту фенольних сполук у листках дерев, які природно поширені на девастрованих землях залізорудного відвалу. Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель. 2022. Том 51. С. 72 – 85. (**Категорія журналу Б; Indexed in:** Національна бібліотека України ім. В. І. Вернадського, ResearchBib, Index Copernicus International, Google Scholar). (*Особистий внесок: виконання польових досліджень, опрацювання матеріалів, аналіз результатів, написання статті*).

Публікації у інших виданнях:

11. Bielyk Yu.V., Savosko V. M., Lykholat Yu. V. et al. Macronutrients and heavy metals contents in the leaves of trees from the devastated lands at Kryvyi Rih district (Central Ukraine). Ecological Bulletin of Kryvyi Rih District. 2019. № 5. P. 81–99. <https://doi.org/10.31812/eco-bulletin-krd.v5i0.4355>. (**Indexed in:** Національна бібліотека України ім. В. І. Вернадського, Google Scholar). (*Особистий внесок: виконання польових досліджень, опрацювання матеріалів, аналіз результатів, написання статті*).

12. Бєлик Ю., Савосько В., Лихолат Ю. Таксономічний склад та синантропна характеристика деревно-чагарникових угруповань Петровського відвалу (Криворіжжя). Екологічний вісник Криворіжжя. 2019. Вип. 4. С. 104–113.

<https://doi.org/10.31812/eco-bulletin-krd.v4i0.2565>. (**Indexed in:** Національна бібліотека України ім. В. І. Вернадського, Google Scholar). (*Особистий внесок: виконання польових досліджень, опрацювання матеріалів, аналіз результатів, написання статті*).

13. Белик Ю., Савосько В., Лихолат Ю. Сучасний стан дендрофітоценозів, природно поширених на дегазованих землях залізрудного відвалу (Кривий Ріг). *Екологічний вісник Криворіжжя*. 2023. Вип. 7. С. 25–43. <https://doi.org/10.31812/ecobulletinkrd.v7i.7654>. (**Indexed in:** Національна бібліотека України ім. В. І. Вернадського, Google Scholar). (*Особистий внесок: виконання польових досліджень, опрацювання матеріалів, аналіз результатів, написання статті*).

Публікації, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

14. Белик Ю.В., Савосько В. М., Лихолат Ю.В. Вміст хлорофілу в листках деревних видів рослин природно поширених на залізрудному відвалі як маркер екологічних умов дегазованих земель. *Рослини та урбанізація: Матеріали сьомої Міжнародної науково-практичної конференції «Рослини та урбанізація»* (Дніпро, 3 березня 2021 р.). Дніпро, 2021. С. 83–85.

15. Белик Ю.В., Савосько В.М., Лихолат Ю.В., Герман Хайльмайер. Екологічні особливості вмісту макронутрієнтів в листках деревних видів рослин дегазованих земель гірничо-металургійного регіону. *Еко Форум – 2020 : збірка тез доповідей IV спеціалізованого міжнародного Запорізького екологічного форуму* (Запоріжжя, 15 – 17 жовтня 2020 р.). Запоріжжя, 2020. 500 с.

16. Лихолат Ю. В., Савосько В. М., Белик Ю. В. Адвентивні деревно-чагарникові види рослин на гранітних кар'єрах. *Досягнення науки і перспективи: матеріали I Науково-практичної конференції* (Вроцлав, 31 травня 2019 р.). Вроцлав, 2019. 112с.

17. Белик Ю. В., Лихолат Ю.В., Савосько В.М. Інтродуценти як компонент спонтанної дендрофлори дегазованих земель. *Глобальні наслідки інтродукції рослин в умовах кліматичних змін: матеріали міжнародної наукової конференції*

присвяченої 30-річчю Незалежності України (Київ, 5–7 жовтня 2021 р.). Київ, 2021. С. 67–69.

18. Бєлик Ю.В., Савосько В.М., Лихолат Ю.В. Оцінка життєвого стану деревних видів рослин природно поширених на девастрованих землях залізорудного відвалу. *Охорона біорізноманіття та історико-культурної спадщини у ботанічних садах та дендропарках*: матеріали міжнародної наукової конференції присвяченої 225-річниці заснування Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України (28–30 вересня 2021 р., Умань). Умань, 2021. С. 24–29.

19. **Bielyk Y. V.**, Savosko V. M., Lykholat Y. V. Characteristics of the floristic core of tree and shrub species of plants naturally spread to technologically devastated lands (Kryvyi Rih). *Рослини та урбанізація*: Матеріали сьомої Міжнародної науково-практичної конференції «Рослини та урбанізація» (Дніпро, 1 лютого 2023 р). Дніпро, 2023. С. 12–14.

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП	23
РОЗДІЛ 1. ДЕРЕВНІ ВИДИ РОСЛИН ЯК ПРИРОДНИЙ КОМПОНЕНТ ТЕХНОГЕННО ДЕВАСТОВАНИХ ЗЕМЕЛЬ	29
1.1. Дефениція, типологія та екологічні особливості техногенно девастрованих земель.....	29
1.2. Закономірності утворення техногенно девастрованих земель	34
1.3. Поширення аборигенних та інтродукованих видів деревно-чагарникових рослин на девастрованих землях	36
1.4. Стан аборигенних та інтродукованих видів деревно-чагарникових рослин в межах девастрованих земель	41
Висновки до розділу 1	47
РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ, ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	50
2.1. Фізико-географічна характеристика регіону досліджень	50
2.2. Об'єкти досліджень	60
2.3. Методи досліджень	68
РОЗДІЛ 3. ЕКОЛОГО-БОТАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЕРЕВНИХ ВИДІВ РОСЛИН, ПРИРОДНО ПОШИРЕНИХ НА ТЕХНОГЕННО ДЕВАСТОВАНИХ ЗЕМЛЯХ КРИВОРІЗЖЯ	74
3.1. Таксономічний склад деревних видів рослин	74
3.2. Еколого-біоморфічні спектри деревних видів рослин	81
3.3. Життєвість деревостану природних угруповань	93
3.4. Дендрометричні показники деревних рослин природних угруповань	100
Висновки до розділу 3.....	103
РОЗДІЛ 4. ЕКОЛОГО-ФІЗІОЛОГІЧНІ ТА ЕКОЛОГО-БІОГЕОХІМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЕРЕВНИХ ВИДІВ РОСЛИН, ПРИРОДНО ПОШИРЕНИХ НА ТЕХНОГЕННО ДЕВАСТОВАНИХ ЗЕМЛЯХ КРИВОРІЗЖЯ	106

4.1.	Флуктуюча асиметрія листової пластини берези повислої.....	106
4.2.	Динаміка вмісту фотосинтетичних пігментів у листках провідних видів рослин	115
4.2.1.	Вміст хлорофілу в листі деревних видів рослин, що зростають в зоні умовного контролю	116
4.2.2.	Вміст хлорофілу в листі деревних видів рослин, що природно поширені на девастрованих землях Петровського відвалу	117
4.3.	Динаміка нагромадження фенольних сполук у листках провідних видів рослин	125
4.3.1.	Вміст водорозчинних фенолів в листі деревних видів рослин, що зростають в зоні умовного контролю	126
4.3.2.	Вміст водорозчинних фенолів в листі деревних видів рослин, що природно поширені на девастрованих землях Петровського відвалу	128
4.4.	Вміст макронутрієнтів та важких металів в ґрунтах девастрованих земель Криворіжжя	130
4.4.1.	Вміст макронутрієнтів в ґрунтах девастрованих земель Петровського відвалу	131
4.4.2.	Вміст важких металів у ґрунтах девастрованих земель Петровського відвалу	136
4.5.	Вміст макронутрієнтів та важких металів листках деревних видів рослин на девастрованих землях Криворіжжя	141
4.5.1	Вміст макронутрієнтів в листі деревних видів рослин, що природно поширені на девастрованих землях Петровського відвалу	141
4.5.2.	Вміст важких металів в листі деревних видів рослин, що природно поширені на девастрованих землях Петровського відвалу	146
	Висновки до розділу 4.....	152

РОЗДІЛ 5. ЕКОЛОГІЧНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ АДАПТАЦІЇ АБОРИГЕННИХ І ІНТРОДУКОВАНИХ ВИДІВ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН ДО ТЕХНОГЕННО ДЕВАСТОВАНИХ ЗЕМЕЛЬ КРИВОРІЖЖЯ ТА ЗАХОДИ ЇХ ФІТООПТИМІЗАЦІЇ.....

5.1.	Інтегральна характеристика флористичного ядра деревних видів рослин природно поширених на техногенно девастрованих землях	156
5.1.1.	Обґрунтування флористичного ядра за показниками кількості моніторингових ділянок, на яких вид був зареєстрований	157

5.1.2.	Обґрунтування флористичного ядра за показниками запасів стовбурної деревини	160
5.1.3.	Обґрунтування флористичного ядра деревних видів рослин, природно поширених на девастрованих землях Криворіжжя за сумарними показниками	163
5.1.4.	Характеристика флористичного ядра деревно-чагарникових видів, що природно поширені на девастрованих землях	167
5.2.	Обґрунтування переліку деревних видів рослин перспективних для фітооптимізації техногенно девастрованих земель	177
5.2.1.	Перелік видів перспективних для фітооптимізації порушених земель	179
5.3.	Заходи фітооптимізації техногенно девастрованих земель	193
	Висновки до розділу 5	196
	ВИСНОВКИ	198
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	203
	ДОДАТКИ	253

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження. Гармонізація навколишнього середовища, а саме оптимізація девастрованих земель, що є техногенно трансформованими – актуальна проблема сьогодення, яка цікавить науковців, екологів і працівників зеленого будівництва. На тепер маловивченими залишаються девастровані землі території колишніх залізрудних та гранітних кар'єрів Криворіжжя. Враховуючи, що тут зосереджені великі запаси залізних руд, серед яких Кривбас є унікальним природно-територіальним комплексом і відіграє провідну роль у розвитку держави як постачальник сировини для чорної металургії [10,11,166, 180, 282]. Проте динамічний розвиток промисловості супроводжується і рядом негативних аспектів.

Внаслідок тривалого посиленого техногенного впливу відбувається докорінна зміна біогеоценотичного покриву [92; 102, 266, 264]. Саме девастровані землі є прикладом екстремального порушення екосистеми. Загальна площа техногенно зруйнованих територій істотно збільшилась за останні п'ятдесят років та продовжує зростати, зокрема на Криворіжжі – понад 30 тис. га [3,252,446]. Відновлення девастрованих земель, кар'єрно-відвального типу, що сформувалися при відкритій розробці корисних копалин, зазвичай відбувається повільно, із часом на їх території формується природний рослинний покрив[160,162,189, 254, 329].

Дерева та чагарники характеризуються розвиненою контактуючою поверхнею, найбільш повно демонструє весь комплекс стресових впливів техногенного середовища[20,49,102,212]. Також деревно-чагарникові рослинні угруповання виступають потужним чинником протидії негативним для довкілля наслідкам урбо-техногенного забруднення [60, 65, 66]. Природні фітоценози та насадження цих рослин значно поліпшують санітарно-гігієнічні, кліматичні та естетичні характеристики промислових регіонів [45, 61, 64, 237].

Однак деревно-чагарникові рослини також зазнають негативного впливу складних екологічних умов порушених територій, що проявляється у погіршенні їх

загального життєвого стану, прискореним старінням та зниженням процесів фотосинтезу [35, 78]. Тому встановлення біологічних, морфологічних, екологічних особливостей аборигенних видів та інтродуцентів, дозволить теоретично обґрунтувати еколого-біологічні особливості видів, придатних для використання в техногенному середовищі [444]. Частиною адвентивної фракції флори є інвазійний субелемент, який характеризується здатністю до швидкого розселення і освоєння широкого спектру екоотопів [48, 250] та потребує особливої уваги.

Саме тому актуальним є дослідження еколого-фізіологічних особливостей аборигенних та інтродукованих видів деревно-чагарникових рослинних угруповань у формуванні рослинного покриву девастрованих земель, адже вони можуть стати основою їх фітооптимізації. Тема дисертації присвячена вивченню цієї проблеми.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана протягом 2018–2022 рр. в межах планової науково-дослідної роботи кафедри фізіології та інтродукції рослин Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара під час навчання у заочній аспірантурі, відповідно до плану науково-дослідної роботи за темами: «Еколого-фізіологічні аспекти підбору асортименту рослин до умов Степового Придніпров'я» (№ 0119U100103, замовник – МОН України) та «Інтродукція рідкісних, реліктових природних видів рослин та малопоширених культиварів культурних рослин в умовах степового Придніпров'я» (№ 0122U001454, замовник – МОН України).

Частина експериментальних досліджень виконана відповідно до програми DAAD «Fachbezogene Partnerschaften mit Hochschulen in Entwicklungsländern» («EcoMining: development of integrated PhD program for sustainable mining and environmental activities») у 2019–2021 рр. на базі технічного університету «Фрайберзька гірничо-академія», в якій автор брав участь як виконавець.

Мета і завдання дослідження. *Мета роботи* – з'ясувати еколого-ботанічні, еколого-фізіологічні особливості аборигенних та інтродукованих видів деревних та чагарникових рослин в умовах техногенно девастрованих земель Криворіжжя, визначити їх адаптивні можливості для подальшої фітооптимізації цих територій.

Для досягнення цієї мети поставлені наступні завдання:

- дослідити таксономічний склад та еколого-біоморфічні спектри деревно-чагарникових видів рослин природно поширених на техногенно дегазованих землях Криворіжжя;
- проаналізувати життєвий стан деревних рослин, що зростають на техногенно порушених землях;
- визначити біометричні характеристики деревних видів рослин природно поширених на техногенно дегазованих землях Криворізького гірничо-металургійного регіону;
- визначити морфологічні та фізіологічні зміни у листків деревних видів рослин природно поширених на техногенно дегазованих землях Криворіжжя;
- встановити особливості вмісту макронутрієнтів та важких металів у ґрунтах техногенно дегазованих земель Криворіжжя;
- встановити особливості вмісту макронутрієнтів та важких металів у листках деревних видів рослин, природно поширених на техногенно дегазованих землях Криворіжжя;
- розробити наукові основи використання перспективних представників аборигенних і інтродукованих видів деревних та чагарникових рослин для відновлення техногенно дегазованих земель Криворіжжя.

Об'єкт дослідження – аборигенні та інтродуковані види деревно-чагарникових рослин, які природно поширені на техногенно дегазованих землях Криворіжжя.

Предмет дослідження – процеси природного самозаростання дегазованих земель та комплекс біометричних, морфо-анатомічних, фізіологічних показників, що характеризують деревно-чагарникові види рослин в промислових умовах Криворіжжя.

Методи дослідження: В основу досліджень покладено як загальнонаукові (аналіз, синтез, спостереження та моделювання), так і конкретні (спеціальні)

методи, що розроблені для ботаніки, екології, педагогіки та інших дисциплін. У роботі використані загальноприйняті екологічні, польові (маршрутний – для закладання дослідних ділянок та збору матеріалу, візуальний – для оцінки життєвого стану рослин), таксаційні – для вимірювання біометричних параметрів дерев; морфометричні – для визначення морфологічних параметрів листової пластини провідних видів дерев; хіміко-аналітичні методи – для вивчення вмісту важких металів/макронутрієнтів у листі/грунті; фізіологічні (спектрофотометричний – для встановлення вмісту пігментів у листках); аналітичні (біоморфічний, географічний аналіз), математично-статистичні з використанням прикладних комп'ютерних програм для обробки даних.

Наукова новизна одержаних результатів. Уперше:

- встановлено, таксономічний склад усіх деревних та чагарникових рослин, які природно поширені на техногенно деастрованих землях Криворіжжя;
- досліджено життєвий стан деревних видів порушених територіях за показниками кількості стовбурів, запасами стовбурної деревини, сумою площ поперечних перерізів;
- показано особливості вмісту макронутрієнтів та важких металів у ґрунтах техногенно деастрованих земель Криворіжжя;
- досліджено особливості вмісту макронутрієнтів та важких металів у листках деревних видів рослин, природно поширених на техногенно деастрованих землях Криворіжжя;
- виділено флористичне ядро деревних та чагарникових видів, що природним шляхом заселяють техногенно деастровані землі Криворіжжя;
- запропоновано перелік деревних видів рослин перспективних для фітооптимізації техногенно деастрованих земель за комплексними показниками.

Отримали подальшого розвитку:

- понятійно-термінологічний апарат у сфері вивчення деастрованих земель.

Поглиблено та доповнено знання щодо:

спектрів біо- та екоморф деревно-чагарникових угруповань порушених земель; уявлення про морфо-анатомічні та фізіологічні зміни в асиміляційних органах деревних рослин в умовах техногенного навантаження.

Практичне значення одержаних результатів. Отримані експериментальні дані доповнюють існуючі теоретичні знання про процеси самозаростання порушених територій деревними та чагарниковими видами рослин, а також щодо життєвого стану рослин, вмісту важких металів в ґрунті порушених земель та листі рослин на техногенно зруйнованих землях. Створено наукове підґрунтя для розробки практичних рекомендацій щодо використання перспективних деревних видів рослин в процесі фітооптимізації порушених територій.

Матеріали дослідження були використані під час аналізу тенденцій змін флористичного складу деревно-чагарникових угруповань, оцінки фізіологічної стійкості рослин в умовах техно- та урболендафтів на базі Криворізького ботанічного саду НАН України, що підтверджується відповідним актом впровадження (Додаток Е).

Результати дисертаційної роботи були використані під час вивчення окремих тем курсів «Садівництво, квітництво та рослинництво у школі», «Ландшафтна організація міських територій», а також при виконанні магістерських робіт студентами (Додаток Е).

Особистий внесок здобувача. Протягом 2018–2022 рр. здобувачем самостійно проведено інформаційний пошук, збір та аналіз джерел літератури за темою дисертації. Постановка завдань, розробка програми досліджень та основні положення дисертації сформульовані та обговорені здобувачем разом з науковим керівником д.б.н., професором Ю. В. Лихолатом.

Автор висловлює вдячність своєму науковому керівнику д.б.н., професору Ю.В. Лихолату та науковому консультанту к.б.н. В.М. Савосько за поради та консультації на всіх етапах виконання досліджень. Щиро вдячні ТУ «Фрайберзька гірничо-академія» та особисто професору Герману Хайльмайєру за можливість проведення аналітичних досліджень на базі лабораторії екології Інституту біології

Технічного Університету «Фрайберзька гірничо академія» (м. Фрайберг, Німеччина).

Результати досліджень, висвітлені в дисертаційній роботі є оригінальними. Проведено аналіз та узагальнення отриманих даних, сформульовано висновки та практичні рекомендації. Особистий внесок автора в роботах, опублікованих у співавторстві, наведено в переліку публікацій за темою дисертації.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи було представлено та схвалено на міжнародних і всеукраїнських конференціях: «Рослини та урбанізація» (Дніпро, 2018), «IV спеціалізований міжнародний Запорізький екологічний форум» (Запоріжжя, 2020), «Досягнення науки і перспективи» (Вроцлав, 2019), «Глобальні наслідки інтродукції рослин в умовах кліматичних змін» (Київ, 2021), «Охорона біорізноманіття та історико-культурної спадщини у ботанічних садах та дендропарках» (Умань, 2021), «Рослини та урбанізація» (Дніпро, 2023).

Публікації. За темою дисертації опубліковано у 19 наукових працях, у тому числі, 6 статей у наукових періодичних виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз даних Scopus, Web of Science, 3 статті у фахових наукових виданнях, 3 статті у інших виданнях, 1 розділ англomовної монографії, 6 тез доповідей конференцій.

Структура і обсяг роботи. Дисертаційна робота викладена на 281 сторінках і складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел (486 найменування, з них – 155 – іноземними мовами) та 7 додатків. Робота містить 21 таблицю, 67 рисунків.

РОЗДІЛ 1

ДЕРЕВНІ ВИДИ РОСЛИН ЯК ПРИРОДНИЙ КОМПОНЕНТ ТЕХНОГЕННО ДЕВАСТОВАНИХ ЗЕМЕЛЬ

У цьому розділі розглянуто питання поширення та розвитку деревних рослин на девастрованих землях, висвітлено сучасні погляди науковців на процеси самозаростання з позиції біології, екології та інтродукції. Базуючись на літературних даних та власних спостереженнях, узагальнено екологічні особливості девастрованих земель. Розглянуто питання збереження та відновлення рослинного покриву на порушених територіях. Викладено результати вивчення біологічних і фізіолого-біохімічних особливостей рослин-інтродуцентів та рослин природної флори на девастрованих землях.

1.1. Дефеніція, типологія та екологічні особливості техногенно девастрованих земель

Останнім часом під впливом цілої низки факторів відбувається стрімке і подекуди незворотне погіршення екологічної ситуації [182]. Інтенсивний видобуток корисних копалин у середині XX століття в Україні та світі призвів до порушення значних площ поверхні землі, де повністю зруйнований ґрунтовий та рослинний покриви, гідрологічний режим та відбулося формування антропогенних морфоскульптур [82,85,197,181, 183,184, 263, 309, 443].

Зазвичай такі території мають назву антропогенні / техногенні ландшафти, порушені / девастровані землі, а до їх переліку відносять: кар'єри, відвали / терикони / кавальєри, промислові майданчики, хвості-шламосховища та ін. [42, 264, 265, 405]. Уточнення сенсу термінів і впорядкування їх вживання не є суто термінологічним і схоластичним питанням. Безсистемне, а часто невірне вживання спеціальних понять тягне за собою серйозні помилки в розробці рекомендацій по рекультивациі, встановленні обсягів і методів робіт, у визначенні вимог і витрат по етапах і в кінцевому рахунку призводить до зниження ефективності

рекультиваційних робіт. Щоб розібратися в термінологічних труднощах, зрозуміти їх витоки, а головне, шляхи ліквідації цих труднощів, необхідно, простежити формування основних понять і прогнозувати причини їх появи. Сьогодні досить часто використовується термін «порушені землі». Одні науковці мають на увазі, вживаючи цей термін, землі, порушені в процесі промислового виробництва; інші – землі, які зазнали будь-яких видів порушення рівноважного стану, в тому числі пожеж, непомірному випасу. Відповідно до ст.1 Закону України «Про охорону земель» (від 19.06.2003) до порушених земель відносять землі, що втратили свою господарську та екологічну цінність через порушення ґрунтового покриву внаслідок виробничої діяльності людини або дії природних явищ»[108].

Деякі науковці підтримують введення нового поняття – «девастровані землі». В загально прийнятому розумінні, девастровані землі характеризуються відсутністю родючого шару, різко зміненим рельєфом і гідрологічним режимом, низькою продуктивністю, що зумовлює погіршення санітарно-гігієнічних та екологічних умов регіону досліджень [142, 241, 444]. Понятійно-термінологічний апарат проблеми девастрованих земель потребує докладного вивчення. За етимологією слово «девастровані» походить від латинського «devastus», що у перекладі означає спустошені. Для української наукової спільноти цей термін новий, проте його подекуди використовують представники наукових шкіл західної України [144, 188, 214, 240, 272].

Перші техногенно девастровані землі з'явилася ще в епоху палеоліту, коли почалися перші гірничо-видобувні роботи. Найдавніші розробки червоного залізняку зафіксовані у Свазіленді (т. зв. Левова печера) і датовані 41 тисячоліттям до Р. Х. Залишки численних ямних розробок гематиту виявлено на території Франції та Угорщини (вік – близько 35 тис. років) [53]. Поблизу копалень можна знайти сліди металургійної діяльності у вигляді шлакових відвалів. Відсутність спеціальної техніки на той час зумовила незначний розвиток девастрованих земель. Ситуація змінилася у другій половині минулого століття. Розвиток промислової революції супроводжувався не тільки науковими досягненнями і технологічними

проривами. Загострилися екологічні проблеми під потужним антропогенним тиском на природу в процесі промислового просування людства [53].

З кожним роком антропогенний тиск на природу зростає. Площа девастрованих земель у світі поступово збільшується. Більше 3,5 мільйонів об'єктів порушених території в Північній Америці і Європі залишаються ігнорованими [387]. Найбільш глибокий вплив на природні ландшафти та утворення девастрованих земель відбувається за умов відкритого способу видобутку копалин. Відомо, що на одиницю твердої корисної копалини, яка видобувається із надр Землі, припадає від 1,1 до 6,7 одиниць відходів [299]. Ці одиниці відходів зазвичай згодом розташовуються на поверхні. В результаті з'являються ділянки порушених земель, основну масу яких складають відвали і хвости (в залізорудному надрокористуванні вони займають від 62% до 75% земельного наділу).

У багатьох наукових працях описано руйнівний вплив девастрованих земель на екологічну ситуацію в Світі. Для оцінки стану земель і площ порушень в районах розробки родовищ корисних копалин більш точні результати можуть бути отримані при використанні даних супутникового спостереження і аерофотозйомки, в тому числі із застосуванням безпілотних літальних апаратів. За даними деяких авторів, станом на 2014 рік, площа земель, порушених гірничодобувною промисловістю в Болгарії, становить близько 24 113 га, з яких рекультивовано лише 8 253 га [334, 395].

Згідно з літературними даними, вже у 2019 році за попередньою оцінкою, близько 90 000 га території Болгарії порушені гірничодобувною діяльністю, кар'єрами і будівництвом [334]. Така тенденція призводить до постійного скорочення ефективного земельного фонду, що є основним засобом виробництва в сільському і лісовому господарстві.

Сьогодні в північно-західній Європі налічується близько 7200 кар'єрів площею 250 000 га [470]. Після вилучення цінних речовин з ґрунту, вихідний рельєф постійно змінюється, а вихідний рослинний покрив руйнується. Візуальний вплив кар'єрів може поширюватися на великі площі у вигляді помітних рубців високої

формації і колірного контрасту, що знижують естетичну привабливість ландшафту і погіршують мальовничість місцевості. Покинуті шахти в даний час є серйозною проблемою, оскільки вони мають наслідки для екологічного, економічного та соціального секторів. Відновлення або реабілітація покинутих кар'єрів представляє цікаву проблему для інженерів і вчених-екологів.

В інтересах екологічної безпеки та сталого розвитку ряд промислово розвинених країн прийняли ряд законів і програм, спрямованих на захист і відновлення навколишнього середовища від наслідків гірничодобувної діяльності. Велика увага меліорації була приділена в США, Німеччині, Польщі, Великобританії, а потім і в інших країнах [329, 430, 471,472].

Напрямок меліорації в кожній країні вибирається для кожного випадку окремо, виходячи з комплексу природних і економічних факторів. Наприклад, у Великобританії, Німеччині та Угорщині перевага віддається сільськогосподарському підходу меліорації, тоді як в США і Туреччині – лісовому [471].

Аналіз літературних джерел показав (рис.1.1), що загальна площа порушених земель в Україні в даний час перевищує 265 тис.га, в тому числі більше 82 тис. га зайнято торфодобувними роботами [450]. Велика частина цих земель відводиться гірничодобувній промисловості, в результаті чого щорічно для її потреб залучається близько 8 тисяч гектарів земель, що належать сільському або лісовому господарству. На сьогодні в Україні налічується більш ніж 1500 покинутих кар'єрів [174, 266,267].

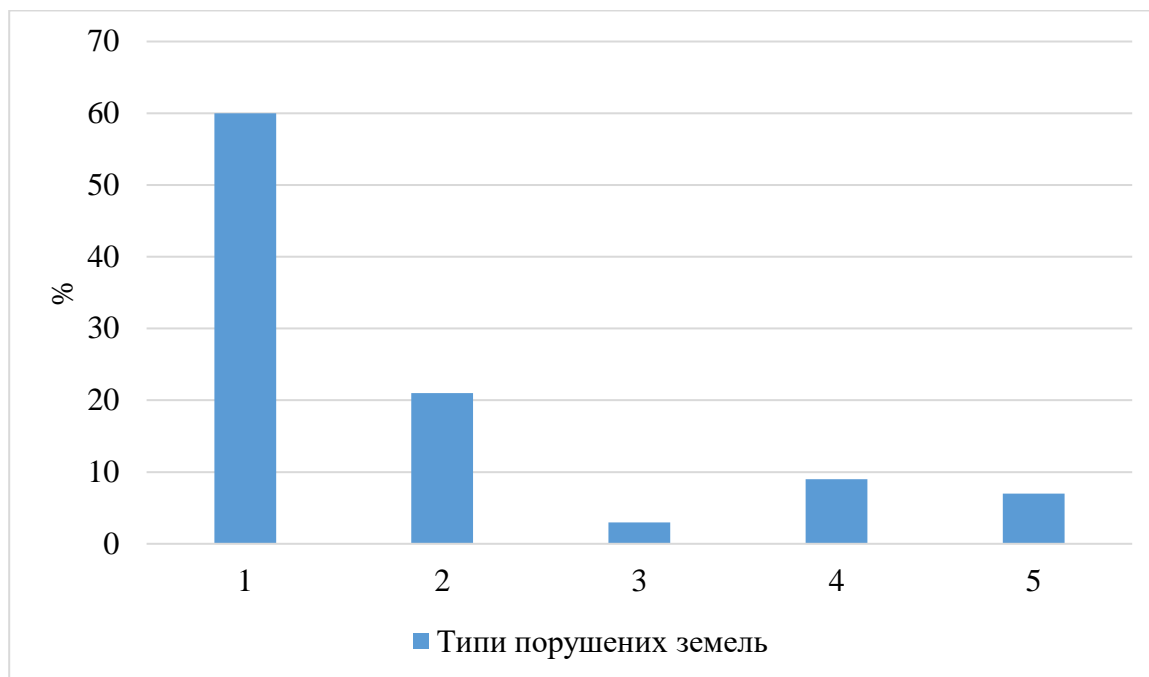


Рис. 1.1. Структура порушених земель по Україні за об'єктами [174, 267]:
1 – гірничі виробки; 2 – відвали розкривних порід і шламосховища; 3 –
водоймища; 4 – промислові майданчики та інженерні комунікації; 5 – інше

Відомо, що загальний земельний фонд Дніпропетровської області становить 3192,3 тис.га (5,3% території України) [94]. Динамічний розвиток промисловості на Криворіжжі, призвів до порушення близько 18 тис. га земель. Панівною формою мезорельєфу є відвали та хвостосховища, які займають близько 63% від загальної площі антропогенних форм мезорельєфу [444]. Під відвалами зосереджено більше 6 тис. га, у них заскладовано близько 3 млрд. м³ гірських порід. Висота відвалів коливається від 40 до 90 м, глибина кар'єрів 120–150 м [10, 126, 183, 221].

Екологічні умови техногенно порушених територій є складними та малосприятливими для росту та розвитку деревної рослинності, мають безліч обмежуючих факторів: недостатня кількість поживних речовин, зсуви ґрунту, контрастність температури поверхні, комплекс сполук важких металів, зміни гідрологічного режиму, водна і вітрова ерозія [41, 43, 115, 261, 296]. Крім того, змінюється гідрологічний режим прилеглих до відвалів та кар'єрів територій, погіршують санітарно-гігієнічні умови міста в цілому [174, 179, 252, 276].

Критичною на сьогодні залишається проблема озеленення девастрованих земель, шляхом створення на їх територіях штучних деревних насаджень, що мають позитивні багатофункціональні властивості та оздоровлюють навколишнє середовище [23, 25, 395, 484]. Саме тому дослідження девастрованих земель та вивчення адвентивних видів рослин, зокрема дерев та чагарників, залишається одним із пріоритетних напрямків фундаментальних досліджень у XXI столітті.

1.2. Закономірності утворення техногенно девастрованих земель

Сучасний комплексний аналіз процесів утворення техногенно девастрованих земель є надзвичайно важливим для визначення оптимальних напрямків під фітооптимізації порушених територій. Дослідженням питань термінології щодо промислових ландшафтів займалися провідні ландшафтознавці, геологи, географи та фітоекологи: Ф. М. Мільков, Г. І. Денисик, В. І. Федотов, В. М. Двуреченський, В. Г. Бондарчук, І. П. Козинська та інші [40, 81, 82, 83, 133, 196, 290]. Ландшафтознавчі дослідження проводилися галузевими фахівцями, зокрема геологами (І. С. Паранько (1988–2009 рр.; І. М. Малахов (2003–2007 рр.)), біологами та ґрунтознавцями (О. М. Сметана й Н.М. Сметана (2005–2009 рр.), В.М. Савосько (2019–2021)), геоботаніки (І.А. Добровольський (1979–2000 рр.); Я. В. Маленко (1996, 2005 рр.)) та ін., а також співробітники ботанічного саду НАН України м. Кривий Ріг [82, 83, 85, 90, 133, 153, 156, 179, 183, 186, 241, 249, 261, 264].

Основні причини, що призводять до формування девастрованих земель – це негативні наслідки чинників натурогенного (наслідки природних процесів) та антропогенного (наслідки діяльності людини) генезису, а також їх комбінації. Доцільно виокремити такі поняття як: натурогенна та антропогенна девастація земель (рис. 1.2).



Рис. 1.2. Генезис основних категорій девастрованих земель [монографія]

Аналогом малопродуктивних земель вважають гідро- та аеродевастровані землі, які виникли в наслідок порушення педогенезу та появи ерозії ґрунту. Катастрофи природного походження (лісові пожежі, цунамі, виверження вулканів, землетруси) призводять до глобальних негативних наслідків які супроводжуються зміною не тільки гідрологічного режиму ґрунту, а й втратою гумусовмісного шару ґрунту. Це типовий приклад деградованих земель, які виникли в наслідок стрімкої геосевації землі [390, 403, 412].

Стан використання земель як в Україні в цілому, так і в кожній області є критичним. Нераціональне природокористування може мати катастрофічні

наслідки та призвести до погіршення стану земель. Особливої уваги потребують антропогенні чинники, які призводять до руйнації ґрунтового покриву, вилучення з надр гірських порід та накопичення відходів людської діяльності на значних територіях. Таким чином відбувається формування територій без ґрунтового покриву та утворення позитивних/негативних форм мезорельєфу. Це типова схема виникнення агро-, урбано- та техногенно дегазованих земель (рис. 1.2).

Швидкість природного заростання техногенно порушених територій визначається хімічним і гранулометричним складом порід, що їх утворюють. Відомо, на відвальних комплексах залізорудної промисловості процеси самозаростання починаються на другий рік [235, 252], а терикони вугільних шахт Донбасу – через 30–40 років після відсипки [155, 236]. На процеси природного відновлення рослинного покриву дегазованих земель впливають різні фактори [27]: водний і температурний режим [14, 214, 217, 252], форма відвалів [384], вміст поживних речовин у субстраті дегазованих земель [442, 444] а також алелопатичний вплив виділень рослин, які заселяють субстрат відвалів [89].

Втрата ґрунтом родючості та його деградація позбавляють рослини екологічних основ їх існування. Надзвичайно актуальною проблемою сьогодення є відновлення природного балансу територій, порушеного людиною в наслідок нераціональної господарської діяльності. Як вже зазначалося раніше дегазовані землі – це земельні ділянки, ґрунти яких в наслідок впливу виробничої діяльності втратили свої біосферні функції. Саме тому, повернення у господарське використання техногенно порушених земель є важливою складовою вирішення комплексної проблеми охорони навколишнього природного середовища та відтворення родючості дегазованих земель.

1.3. Поширення аборигенних та інтродукованих видів деревних видів рослин на техногенно дегазованих землях

Дослідження деревних та чагарникових видів на дегазованих землях має свою історію та безпосереднє пов'язане з формуванням техногенно дегазованих земель. В Україні найбільш значні площі дегазованих земель сформувалися у Львівській,

Донецькій та Дніпропетровській областях, що пов'язано з функціонуванням підприємств гірничої та гірничо-металургійної промисловості [134, 176, 214, 216, 442, 444].

Неаборигенні (*non-native species*), адвентивні види (*alien species*) – це види, які поширені в місцях або регіонах за межами їхнього природного ареалу і які можуть стати інвазійними або експансивними, тобто становити загрозу аборигенним видам, ценозам, екосистемам. Ця термінологія охоплює як несвідомо, так і свідомо (*introduced species*) переселені або акліматизовані людиною види, що можуть вийти з-під контролю (здичавіти з культури) і становити небезпеку для довкілля [39].

Деревні види активно залучаються для озеленення як промислових, так і селітебних та рекреаційних зон завдяки своїм високим декоративним якостям із сезонними аспектами та наявності масивної крони, що здатна виконувати санітарно-гігієнічну роль, адсорбуючи поверхнею листків пил та аерогенні політанти [99, 100, 136, 170, 242, 249].

Інтенсивність розповсюдження адвентивних видів рослин залежить від різноманітності способів їхнього розмноження (статевого, різних типів вегетативного та їх комбінацій) і поширення; певного складу субстратів чи ґрунтів; стійкості до несприятливих умов середовища. Чітко простежуються тенденція до збільшення кількості видів адвентивних рослин, розширення спектру їхніх місць існування, підвищуються темпи заселення, поширення і ступінь натуралізації видів тощо [129, 322, 482].

Глобальна база даних інвазивних дерев і чагарників була оновлена, в результаті чого в цілому було зареєстровано 751 вид (434 дерева і 317 чагарників) з 90 сімей [441, 457]. Біологічні інвазії вважаються однією з головних загроз біологічному різноманітності на планеті. Багато таксонів тварин і рослин є високоінвазивними, а деякі види різко впливають на структуру і функції екосистем [345, 381, 435, 441, 476]. У рослинному царстві велика кількість інвазивних видів – це саме деревні види. У своїх дослідженнях Рейманек [457] визначив 76 видів дерев, що проявляють інвазивну поведінку в Європі. Азія є основним джерелом інвазивних чагарників родини Rosaceae, а також інвазивних видів родини Agnesaceae

і Oleaceae. Південна Америка та Австралія є основними джерелами інвазивних дерев Fabaceae. Більшість інвазивних представників родини Salicaceae мають Євразійське походження [441, 457].

Адвентивна компонента флори України становить 14% від загальної кількості видів судинних рослин та репрезентована 830 видами (18% археофітів та 82% кенофітів), з яких близько 100 видів є високо інвазійними [39, 226, 228]. Встановлено високий рівень їх адаптаційної здатності, екологічної пластичності й стійкості до несприятливих умов середовища.

Результати досліджень, проведених у Італії [378, 445, 449], свідчать, що промислове освоєння надр і пов'язане з цим руйнування земель у всьому світі викликає серйозне занепокоєння. Створення кар'єрів призводить до руйнування рослинності, денудації ґрунту і глибокої зміни вихідного ландшафту. За результатами досліджень що були проведені на відвальних породах як покинутих, так і діючих кар'єрів каррарського мармуру в Італії [378]. Деякі види мали рудеральні ознаки або були широко поширені (повсюдно): *Buddelja davidii* Franch., *Geranium robertianum* L., *Inula viscosa* L., *Populus nigra* L., *Salix eleagnos* Scop. і *Scrophularia canina* L. У порушених районах динаміка рослинності йде в бік низькоякісних (тобто менш природних) моделей відновлення рослинності, на які впливають чужорідні, рудеральні і широко поширені види.

Питанням поліпшення ґрунтових умов техногенних ландшафтів і рекультивації кар'єрно-відвальних комплексів, що утворилися після завершення розробки родовищ, завжди приділяли і приділятимуть значну увагу. У Чехії на техногенно девастрованих землях, утворених шляхом видобутку вугілля та на відвалах сланцевих кар'єрів в Естонії, дослідниками було зафіксовано десятки видів деревно-чагарникових рослин, серед яких найкращий життєвий стан мали дерева *Betula pendula* Roth. [418, 433, 465].

В процесі наукових досліджень з'ясовано особливості формування рослинних угруповань на девастрованих землях України з різним ступенем відтворення. Однією з перших вдалих спроб створення в Україні лісових культур дуба звичайного

(*Quercus robur* L.) та дуба червоного на рекультивованих землях у Лісостепу було закладення досліду з добору порід у 1968 р. на відвалах Юрківського вуглерозрізу [274].

Протягом 2014–2017 рр. Копій М. Л. було проведено аналіз формування рослинних фітоценозів на різних за ступенем відтворення і видом рекультивації, порушених ділянках в межах Яворівського та Новороздільського сірчаних кар'єрів, виявлено масиви сосни звичайної, дуба звичайного, вільхи чорної, в'яза шорсткого та черешні [141, 144, 145].

Як зазначає Поворотня М. М [212], видовий склад кленів у насадженнях різного функціонального призначення, а особливо на промислових територіях, на сьогодні дуже обмежений. Це види *Acer tataricum* L., *A. campestre* L., *A. platanoides* L., які природно зростають у степовій зоні, *A. pseudoplatanus* L., ареал якого знаходиться в західних областях України і на Поділлі, а також північноамериканські інтродуценти – *A. saccharinum* L., *A. negundo* L.

На Криворіжжі дослідження деревно-чагарникових видів рослин на девастрованих землях здійснювали викладачі Криворізького державного педагогічного інституту (І.А. Добровольський, В.І. Шанда, І.О. Комісар, С.В. Ярков, В.М. Савосько та ін.) та науковці Криворізького ботанічного саду (А.Ю. Мазур, В.В. Кучеревський, В.В. Терещенко, М.Г. Сметана, І.І. Коршиков, О.В. Красноштан та ін.) [90, 154, 179, 237, 278, 325].

Встановлено, що найбільш поширеним видом, що природним шляхом потрапляє на залізрудні кар'єри Криворіжжя є тополя італійська або пірамідальна (*Populus italica* (Du Roi) Moerh). Значно рідше зустрічаються інші види тополі – тополя Болле (*Populus bolleana* Lauche) та тополя біла (*Populus alba* L.). Крім того, у верхній частині кар'єру на більш пологих схилах зустрічається клен ясенелистий (*Acer negundo* L.), клен гостролистий (*Acer platanoides* L.), *Robinia pseudoacacia* L., *Rosa canina* L., *Elaeagnus angustifolia* L. та інші. Варто зазначити, що *Populus italica* росте на неробочих бортах всіх залізрудних відвалів Криворіжжя, при цьому насаджень цього виду біля кар'єру може і не бути. Своєму розповсюдженню *P.*

italica завдячує високій леткості насіння, що дозволяє їй виживати в окремих мікрорельєфних ділянках борту кар'єру [153, 155].

Співробітниками Криворізького ботанічного саду, які досліджували відвали відсипані скельними гранітами, рекомендовано для фітомеліорації *Pinus pallasiana* D. Don. та *Robinia pseudoacacia* L. Позитивне пристосування показали *Acer tataricum* L., *A. negundo* L., *Padus avium* Mill., *Berberis vulgaris* L., *Ligustrum vulgare* L., *Swida sanguinea* (L.) Opiz, *Amorpha fruticosa* L. [119, 154, 179, 181]. На залізорудних відвалах Криворіжжя поширена також *Betula pendula* Roth., яка найчастіше заселяється в різних пониженнях, ямах, вибоїнах, між щілинами великоуламкової породи [154].

Протягом 2006–2017 років команда науковців на чолі з В.М. Савосько [29, 34, 131, 248] дослідила території девастрованих земель Криворіжжя, а саме кар'єр гірничо-збагачувального комбінату, відвали гірничо-збагачувального комбінату, гранітний кар'єр, шахтні території, Жовтокам'янський кар'єр та ландшафтний заказник «Візирка». Встановлено, що досліджені території девастрованих земель характеризуються різною насиченістю видами дерев та чагарників. Найбільш поширеними видами є: клен ясенелистий (*Acer negundo* L.), скумпія звичайна (*Cotinus coggygria* Scop.), горіх волоський (*Juglans regia* L.), жимолость татарська (*Lonicera tatarica* L.), антипка або магалебська вишня (*Prunus mahaleb* L.), робінія звичайна (*Robinia pseudoacacia* L.), шипшина звичайна (*Rosa canina* L.), свидина кривавочервона, або кров'яна (*Swida sanguinea* L.), в'яз-берест (*Ulmus minor* Mill.). Таксономічний склад представлений найбільш пристосованими видами до екологічних умов цих територій, що є середньовибагливими до рівня зволоження та родючості ґрунтів, світлолюбими інтродукованими видами [248, 250].

1.4. Стан аборигенних та інтродукованих видів деревно-чагарникових рослин в межах девастрованих земель

Однією з найважливіших проблем екології залишається з'ясування стану та механізмів адаптації деревних та чагарникових видів рослин за дії несприятливих факторів антропогенного (техногенного) генезису. Як відомо, комплексне дослідження будь-якого рослинного угруповання вимагає аналізу та знання не лише його таксономічної (систематичної) структури, але й екологічної. Нами раніше зазначалося, що екологічні умови сучасних техногенних екотопів є дуже складними та мало сприятливими для росту та розвитку деревних та чагарникових видів [173]. Цей факт актуалізує знання з провідних аспектів адаптації цих видів в таких умовах. При цьому як відомо, дерева та чагарники характеризуються розвиненою контактуючою поверхнею, тому здатні найбільш повно відображати весь комплекс стресових впливів техногенного середовища на рослинний організм [371].

Деревні та чагарникові рослини девастрованих земель, проявляють адаптаційні зміни шляхом збільшення витрат енергетичних ресурсів рослинного організму. Як наслідок спостерігається зменшення біомаси, мінімізації розмірів наземної частини рослин, зміни асиміляційних органів [258, 319]. Визначення загальних функціональних реакцій деревних видів в умовах техноекотопів сприятиме деталізації їхнього адаптивного потенціалу. При вивченні адаптивної стратегії видів на відвалах дуже важливо виявити здатність їх до насіннєвого і вегетативного самовідновлення в цих умовах [74]. Дослідження екологічних умов девастрованих земель підтвердили, що лісова рекультивація формує багаторічний оздоровчий фон [57, 190, 194, 235, 310]. Однак ефективність виконання захисної функції зеленими насадженнями залежить від ступеню відповідності лісорослинних умов місцезростання екологічним потребам рослин [18]. Крім того, успіх використання деревних рослин для відновлення порушених територій корелює зі стійкістю рослин та їх здатністю до поглинання і накопичення забруднюючих речовин на девастрованих землях [16, 158, 163, 386].

Як різновид адаптації деревних та чагарникових видів до умов девастрованих ландшафтів є крос-адаптація, яка проявляється у здатності цих рослин підвищувати стійкість до одного фактору як результат адаптації до фактору іншої природи. Прикладом крос-адаптації може бути явище підвищення стійкості до техногенного навантаження у рослин, стійких до посухи та засолення ґрунтів [214]. Адаптація рослин до впливу забруднювачів можлива у вузькому діапазоні концентрацій і за умов, якщо природні фактори не створюють стресових ситуацій для рослин [214, 437].

Аналіз досвіду зарубіжних колег показав, що тип рослинності, який буде використовуватися для відновлення кар'єру, викликає занепокоєння у багатьох вчених. Новак зі співавторами, вивчивши базальтові кар'єри, заявляє, що суцесійні комплекси не випадково взяті з рослинності широкої досліджуваної території, та залежать від видового складу і умов запилення на близькій відстані [419, 435]. Мейра-Нето та ін. відзначили, що стійкість до раптових змін навколишнього середовища є дуже бажаною рисою у рослин, що використовуються для відновлення екосистем [412]. Тропек та ін. [472] стверджують, що топографія і неоднорідність середовища проживання є найбільш значущими для збереження цінності як рослинних, так і безхребетних спільнот, тоді як навколишній ландшафт, не чинив ніякого впливу на них. Boscutti et al. Вважає, як зміни рослинного шару, так і особливості рослин можуть бути використані для досягнення ефективної рекультивації вапнякових кар'єрів [353]. Мінеральні ресурси є важливою матеріальною базою соціально-економічного прогресу.

Загалом, важливе значення для аналізу взаємодії рослин з умовами середовища, а також для дослідження їх адаптації до дії несприятливих факторів має вивчення зовнішніх показників стану рослин. Досліджуючи особливості кількох видів деревно-чагарникових рослин можна скласти загальну картину щодо антропогенного навантаження в межах окремого екотопу. На змінених територіях перспективним є саме вивчення деревних культур. Деревна поглинають сполуки з ґрунту і повітря, виступаючи індикаторами інтегрального забруднення [13, 23, 140,

204, 211]. На відміну від трав'яних рослин, деревні види дають змогу оцінити короткотривалі та пролонговані впливи в межах певної території.

Видобуток і використання корисних копалин в різних промислових процесах створюють серйозну екологічну дилему, особливо з точки зору забруднення навколишнього середовища важкими металами. Наявність високих рівнів важких металів в навколишньому середовищі представляє потенційну загрозу здоров'ю людини та екосистемам [451, 378], обумовлену їх токсичністю, схильністю до біоаккумуляції і дуже високою персистентністю в екосистемі [337, 354, 379, 434, 483]. Тип галузі суттєво впливає на тип і концентрацію забруднюючих речовин [447]. Тоді як токсичність важких металів для рослин залежить від виду рослин, віку, хімічного складу та концентрації елементів [389, 418].

Впродовж тривалого часу науковців цікавлять фізіологічні особливості деревної рослинності, що зростає в умовах техногенного навантаження. Роботи багатьох зарубіжних та вітчизняних вчених присвячені вивченню процесів фотосинтезу [314, 330, 350, 457, 482]. Науковці спостерігали значне зниження швидкості фотосинтезу і вмісту хлорофілу в листі рослин в результаті забруднення Cu, Ni, Cd і Pb [350, 482]. Забруднення повітря мікроелементами призводить до фізіологічних порушень в рослинах і впливає на біологічний баланс. Таким чином промислове забруднення повітря впливає на структурні властивості листя і призводить до зниження фотосинтезуючої активності [392].

На думку вчених [335, 349, 361] вид рослин є важливим фактором, що впливає на осідання забруднюючих речовин на листі рослин. Стійкі судинні рослини, такі як дерева хвойних порід, були запропоновані для моніторингу забруднюючих речовин, таких як метали. Було показано, що накопичення ВМ, хвойними деревами вище, ніж широколистяними видами [334, 342, 377], хоча їх хвоя не має шорсткої поверхні. Отримані результати [349] свідчать про наявність істотних відмінностей між видами в плані накопичення металів. *Abies bornmülleriana* виявилася особливо корисною в якості біоіндикатора, оскільки накопичення більшості аналізованих металів було вище у цього виду хвойних.

Техногенна зміна рельєфу на девастрованих територіях призводить до відсутності продуктивного зволоження, порушення водопроникності, формуються контрастні температурні умови на різних елементах рельєфу, відзначається низька потенційна потужність ембріоземів [351]. У зв'язку з цим відвали є класичним об'єктом, полігоном для вивчення адаптивних механізмів розселення в їх межах деревно-чагарникових рослин. Високий ступінь стійкості деяких видів вищих рослин забезпечується поєднанням морфологічних, фізіологічних, анатомічних пристосувальних реакцій, що робить ці рослини потенційно здатними до поліпшення якості природного середовища порушених ґрунтів.

Дерева ідеально підходять для відновлення порушених територій, оскільки їх велика біомаса робить їх більш стійкими до більш високих концентрацій забруднюючих речовин. Дерева мають велику кореневу систему, здатну накопичувати велику кількість забруднюючих речовин. Багаторічні зелені насадження відомі своєю природоспецифічною функцією, здатністю реагувати на комплексний вплив факторів навколишнього середовища шляхом адаптивних і деструктивних процесів, про характер і ступінь яких можна судити за рівнем техногенної трансформації навколишнього середовища [15, 143, 367, 432, 441].

Листова пластинка як функціонально активне тіло з більшою ймовірністю реагує на зміни навколишнього середовища, і найбільш часто використовується в дослідженнях біомоніторингу. Показник флуктууючої асиметрії листя вважається показовою ознакою нестійкості розвитку організмів [309]. Цей показник використовується в екологічних дослідженнях як показник стресостійкості організму в забрудненому середовищі. За даними літератури [49, 212, 308, 370, 376, 385, 426, 439] швидкість флуктууючої асиметрії зростає у відповідь на стрес.

Дослідження вітчизняних вчених [154] експериментальним шляхом довели високу газо-солестійкість тополі пірамідальної, здатність витримувати низькі температури, що свідчить про достатньо високу стійкість до умов. Результати досліджень Н. Н. Яковлева доводять залежність зниження стабільності розвитку як

відповідь організму на зміни умов навколишнього середовища, що проявляється в асиметрії морфологічних ознак [325].

Вивчення формування комплексу адаптивних реакцій у рослин набуває актуальності у зв'язку з розширенням територій техногенних екотопів та низької ефективності заходів по рекультивації [216, 220]. Традиційно для покращення едафічних умов на відвалі необхідно провести ряд технічних та трудомістких заходів, що сприятимуть кращому приживанню висаджених рослин. Однак така кардинальна зміна відвалу потребує значних фінансових інвестицій. В рамках біологічної рекультивації доцільно оцінити адаптаційні можливості вже існуючих видів з метою створення нових програм по відновленню змінених земель.

Розвиток кореневої системи деревних порід та ефективність її функціонування залежить від цілого ряду факторів: температури, аерації, обводнення ґрунту, активності процесів у надземній частині деревних рослин. Структурні та продукційні зміни в деревостані є реакцією насадження на лімітуючі фактори життя рослини, пов'язані в першу чергу з едафотопом.

Вивченням будови підземних органів рослин у техноземах займався О. М. Масюк [192]. Зокрема, на формування кореневої системи впливають: механічний склад ґрунту; запас гумусу і поживних елементів у ґрунті; наявність у ґрунті токсичних речовин та ін. В ході багаторазових досліджень було виявлено, що лімітуючим фактором, який обмежує ріст та розвиток кореневої системи маслинки, є щільність техноземів. У місцях контакту гірських порід із різною щільністю над більш щільним горизонтом формується новий ярус скелетних коренів із подальшим їх галуженням. Проникнення в нижчезростаювані шари ґрунту пов'язане з великими труднощами. В умовах високої щільності спостерігається вторинне освоєння коренями місць, де вони росли раніше [114, 191, 192].

Як показали дослідження В. Ф. Терещенко [280] при зіставленні елементів корневих систем в повітряносухій вазі, дослідним шляхом констатовано, що обсяг скелетних коренів рослин на відвалах вдвічі перебільшує обсяг таких же коренів на чорноземному ґрунті, а простягання скорочується в 2,6 – 3 рази. Таким способом

рослини на відвалах надійно закріплюють себе від вітровалу, а кам'яне середовище від змивів і зсувів.

Важливим критерієм життєздатності виду в конкретних умовах існування – є життєвий стан на різних етапах онтогенезу. Здатні до природного відновлення насінням та вегетативним способом інтродуценти характеризуються високою життєздатністю. В умовах техногенних екотопів може реалізовуватися стратегія розвитку виду, що не є типовою для природного місцезростання, з формуванням малорозповсюджених життєвих форм. Наприклад, самовідновлювана на відвалах Криворіжжя тополя біла (*Populus alba* L.), може формувати складну життєву форму (куртина) [159]. Крім того, деякі види роду *Salix* завдяки своїй пластичності залежно від ґрунтово-кліматичних умов можуть змінювати життєву форму дерева на кущ або кущик і навпаки [127].

На залізорудних та крейдових відвалах успішно росте сосна звичайна (вік 20 – 40 років), яка активно розселяється на цих відвалах за рахунок насіннєвої репродукції [157]. Але однозначно можна констатувати, що тривалість онтогенезу у більшості видів деревних рослин в умовах дегазованих земель України, як правило скорочена, в порівнянні з рослинами міських парків [133, 246, 248]. зовнішнього середовища та екологічну пластичність даного виду.

Для моніторингу фізіологічного стану деревно-чагарникових рослинних угруповань в умовах значного техногенного навантаження доцільно використовувати широкий спектр індикаторних ознак: концентрація хлорофілу в листі, життєвий стан, вміст важких металів та макронутрієнтів, показник флюктууючої асиметрії. Деревні рослини здатні синтезувати різноманітні органічні сполуки, серед яких особливої уваги потребують речовини, що мають фенольну природу.

До дерев та чагарників, що вирощуються на дегазованих землях, вимоги більш високі, ніж до рослин, що використовуються в озелененні міст. Адже деревно-чагарникові рослинні угруповання у промислових регіонах відчують подвійний негативний вплив (посушливі умови та антропогенне забруднення), що

проявляється у погіршенні їх загального життєвого стану, прискореним старінням та зниженням процесів фотосинтезу [12, 19, 36, 80, 161, 248].

Загалом, важливе значення для аналізу взаємодії рослин з умовами середовища, а також для дослідження їх адаптації до дії несприятливих факторів девастрованих земель має вивчення зовнішніх показників стану рослин. Досліджуючи особливості провідних видів деревно-чагарникових рослин техногенно порушених територіях, можна скласти загальну картину щодо антропогенного навантаження в межах окремого промислового регіону.

Висновки до розділу 1

1. Набула глобального значення проблема збереження навколишнього середовища та створення сприятливих умов для життя людини. З кожним роком техногенний тиск на природу зростає, в результаті з'являються ділянки девастрованих земель, які характеризуються відсутністю родючого шару, різко зміненим рельєфом і гідрологічним режимом, низькою продуктивністю, що зумовлює погіршення санітарно-гігієнічних та екологічних умов регіону досліджень.
2. Проаналізовано закономірності утворення техногенно девастрованих земель. Проведення польових ландшафтних досліджень є відправним етапом пізнання їх будови, визначення тенденцій розвитку та розробки заходів рекультивації. Встановлено, що основними факторами, які призводять до формування девастрованих земель є негативні наслідки чинників натурогенного (наслідки природних процесів) та антропогенного (наслідки діяльності людини) генезису, а також їх комбінації.
3. Дослідниками відзначається, що деревні насадження є потужним природним чинником протидії негативним для довкілля наслідкам техногенного впливу. Накопичений досвід зарубіжних та вітчизняних вчених свідчить, що перевагу в озелененні порушених територій віддають деревним породам. Найбільш стійкими

та витривалими в несприятливих умовах зростання виступають саме види-інтродуценти, що найчастіше використовуються у процесі рекультивації.

4. Провідними чинниками, що визначають екологічну диференціацію рослинності на територіях відвалів та шламосховищ є режим зволоження, крутизна схилів, кислотність поверхневих порід. Найбіднішими в аспекті видового багатства деревних рослин є круті схили відвалів, ділянки з підвищеною кислотністю субстрату та насипи шламосховищ. Найбільшим видовим багатством характеризуються фітоценози старих, виведених з користування відвалів, де крутизна схилів менша та кращі едафічні умови. Особливої актуальності набуває дослідження сучасного стану, росту та розвитку дендрофітоценозів природно поширених на деастрованих землях Криворіжжя.

Матеріали розділу висвітлені у публікаціях:

1. Белик Ю.В., Євтушенко Е.О. Таксономічний склад деревно-чагарникових угруповань техноекотопів Кривбасу. *Екологічний вісник Криворіжжя*. 2018. Вип. 3. С. 36-39.

2. Белик Ю.В., Савосько В.М., Лихолат Ю.В. Оцінка життєвого стану деревних видів рослин природно поширених на деастрованих землях залізорудного відвалу. *Охорона біорізноманіття та історико-культурної спадщини у ботанічних садах та дендропарках: матеріали міжнародної наукової конференції присвяченої 225-річниці заснування Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України*(28–30 вересня 2021 р., Умань). Умань, 2021. С. 24-29.

3. Белик Ю., Євтушенко Е., Савосько В. Екологічні характеристики деревно-чагарникових видів техногенних екотопів Кривбасу. *Молодь і поступ біології: матеріали XIV Міжнародної наукової конференції студентів і аспірантів, присвяченої 185 річниці від дня народження Б. Дибовського* (м. Львів, 10–12 квітня 2018 р.). Львів, 2018. С. 107 – 109.

4. Savosko V.M., Lykholat Y.V., **Bielyk Y.V.** Foresting of technogenic devastated lands as an effective factor for environmental safety at the mining & metallurgical district. In: Y.V. Lykholat (ed.). *Effects of pollution and climate change on the ecosystem componenets* Praha, Oktan Print, 2021. P.6–39. DOI: 10.46489/EOPACC–1204211.

5. Savosko V., **Bielyk Y.**, Lykholat Y. et al. The total content of macronutrients and heavy metals in the soil on devastated lands at Kryvyi Rih Iron Mining & Metallurgical District (Ukraine). *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. 2021. № 30(1). P. 153–164. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.15421/112114>.

РОЗДІЛ 2

ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ, ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Фізико-географічна характеристика регіону досліджень

Географічна характеристика. Криворізький регіон розташований на південному сході Центральної України, в Дніпропетровській області. Загалом, Географічні координати міста Кривий Ріг мають свої особливості, так крайньою західною точкою визначена станція Інгулець, якій властиві координати – 33°08' східної довготи. А крайньою східною точкою є селище Довгинцеве – 33°34' східної довготи [44, 96, 223]. Місто має протяжність 126 км із півночі на південь та ширину до 20 км, розташоване у степовій зоні України в центральній частині Українського кристалічного щита [96, 223].

Кліматична характеристика. Відповідно до схеми кліматичного районування Б. П. Алісова [8], Криворізький регіон належить до атлантико-континентальної європейської недостатньо вологої, теплої області помірної кліматичної зони. Широтою місцевості (приблизно 48° півн. ш.) зумовлені: висота сонця над обрієм – від 18,6° 22 грудня до 65,4° 22 червня, тривалість світового дня – відповідно від 8 годин 07 хвилин до 15 годин 53 хвилин, тривалість сонячної інсоляції – 2102 год/рік. Річні показники сумарної сонячної радіації дорівнюють 107-110 ккал/см², радіаційного балансу – 46-49 ккал/см². Середнє альбедо (здатність поверхні відбивати сонячні промені) території в межах Кривого Рогу достатнє високе влітку (30%) і знижене взимку (35%). Більша частина (65%) сонячної радіації, витрачається на випарування, 35% - на теплообмін з атмосферою [223].

Криворізький регіон знаходиться зоні помірних широт, завдяки чому клімат можна охарактеризувати як помірно-континентальний. За рахунок збільшення амплітуди добових та річних температур повітря спостерігається явище підвищення континентальності у напрямку від південного заходу на північний схід [296]. Як зазначав О. Г. Ісаченко, Криворізький район знаходиться в помірно-

континентальній суббореальній семіаридній кліматичній підзоні [120]. Відповідальними за формування клімату регіону досліджень є 43 циклони та 24-43 антициклони. Антициклональний тип циркуляції атмосфери спостерігається у 2/3 від загальної кількості днів на рік (229 – 242). Середньорічний показник атмосферного тиску становить – 753,7 мм. рт. ст., взимку – 788,1 мм рт. ст. Середньорічна температура повітря становить $+8,5^{\circ}\text{C}$. Середня температура повітря у липні $+22,2^{\circ}\text{C}$, у січні – $(-5,1^{\circ}\text{C})$. Абсолютний максимум температури $+39,3^{\circ}\text{C}$ (1890 р.), абсолютний мінімум – $(-35,0^{\circ}\text{C})$ [295].

Загалом Криворіжжя можна охарактеризувати посушливим районом України, де кількість атмосферних опадів не перевищує 450 – 500 мм/рік. Відносна вологість повітря – 72%, взимку цей показник зростає до 88%, а влітку зменшується до 58%. Найбільша кількість туманних днів зафіксована в зимовий період та складає 9 – 12 днів, тоді як загальна кількість туманних днів протягом року – 61 день [97, 295].

За кількістю опадів в різних частинах Криворіжжя панівне положення займають північні райони, де зафіксовано 460 мм, Тоді як на півдні – не більше 420 мм. Протягом року найсухішим періодом визнано вересень та період з січня до березня. За даними М. М. Іванова коефіцієнт зволоження на території Криворіжжя становить – 0,54 [44, 118]. Такі дані літературних джерел дають нам можливість охарактеризувати регіон досліджень як територію з недостатнім і нестійким зволоженням. Тому Криворіжжя відноситься до посушливих районів України. Територія Кривбасу добре забезпечена тепловими агрокліматичними ресурсами. Сума активних температур становить 3100°C , що дозволяє вирощувати майже всі культури, окрім тропічних [223].

Особливості погодних умов у роки проведення досліджень. За роки проведення польових дослідів (2019–2021 рр.) враховували погодні умови, основні метеорологічні показники наведено згідно даних українського гідрометеорологічного центру (авіаметеостанція м. Кривий Ріг), які наведено у Додатку Б.

Погодні умови в роки проведення досліджень складались по-різному. Середня температура зимових місяців склала не перевищувала – $1,4^{\circ}\text{C}$, тоді як

січень 2019 році відрізняється суттєвим зниженням температурних показників до $-4,1^{\circ}\text{C}$. Температура повітря як в цілому за вегетаційний період так і за роки проведення досліджень суттєво відрізнялася від середньої багаторічної метеорологічних показників, які було зафіксовано впродовж 1961-1990 рр., тобто умовно прийнятої норми. Середня температура літніх місяців впродовж 2019 року перевищувала середньо багаторічні значення, досягаючи $22,1^{\circ}\text{C}$, тоді як норма складає $21,2^{\circ}\text{C}$ (рис.2.1). Період вегетації у 2019 році відзначився доволі низькою сумою опадів і високою температурою повітря в інтервалі від серпня до вересня (рис. 2.1).

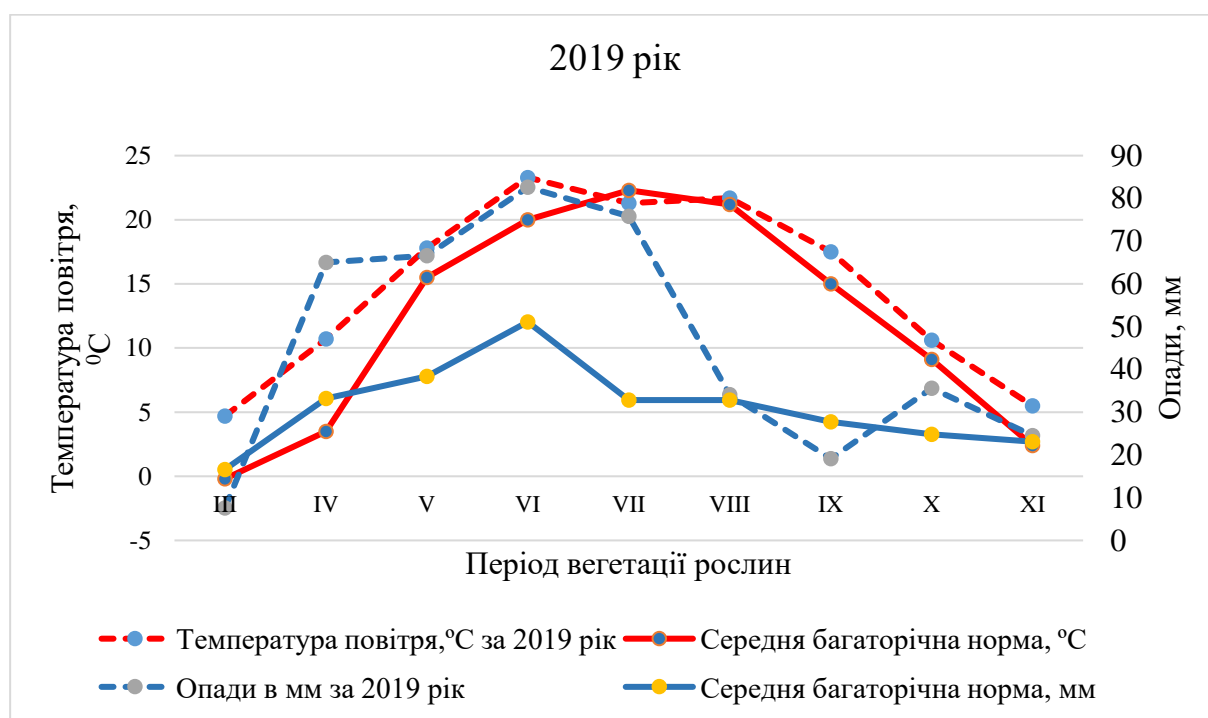


Рис. 2.1. Метеорологічні показники у період вегетації (2019 рік)

Протягом 2019 року спостерігається нерівномірний розподіл опадів і температурних показників у часі і по території, що призвело до затяжного посушливого періоду у серпні-вересні (Додаток Б).

Погодні умови у регіоні проведення досліджень у 2020 р. були аномальними за температурним режимом та режимом зволоження території. Середня річна температура повітря у 2020 році була на $2,0^{\circ}\text{C}$ вищою за норму (1961-1990 рр.).

Упродовж періоду вегетації баланс зволоження відрізняється дефіцитом в інтервалі від початку березня до початку травня та з другої половини липня до початку вересня (рис. 2.2).

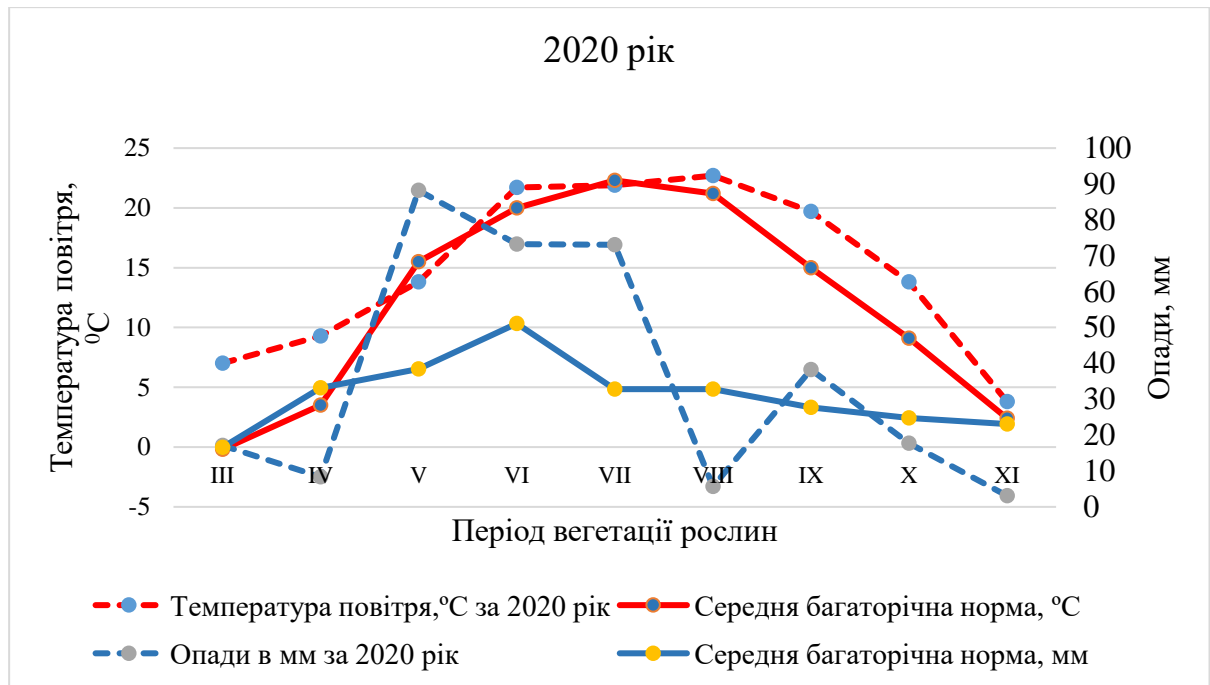


Рис. 2.2. Метеорологічні показники у період вегетації (2020 рік)

Це був в найтепліший рік за всю історію метеорологічних спостережень не лише у м. Кривий Ріг, а й в Україні. Аналіз температурних режимів із опадами, показує, що в період вегетації в 2020 році у весняні та осінні місяці зафіксовано значне підвищення температури в порівнянні із середньою багаторічною нормою. Восени спостерігалась тепла погода, середня температура повітря жовтня і листопада склала 9,1°C, що на 1,4°C більше за норму.

Як засвідчують дані наших досліджень, період вегетації рослин у регіоні у 2021 році розпочався за теплої і вологої погоди (Додаток Б). Метеорологічні умови у лінійні місці відрізнялися від середніх багаторічних показників підвищеною температурою повітря та більшою за норму кількістю опадів. У травні спостерігалася нестійка погода з невеликими короткочасними дощами та грозами. Якщо гідрологічний режим 2020 року відрізняється динамічністю показників, то

сума температур за вегетаційний період характеризується стабільним підвищенням від середньої багаторічної метеорологічних показників (рис. 2.3).

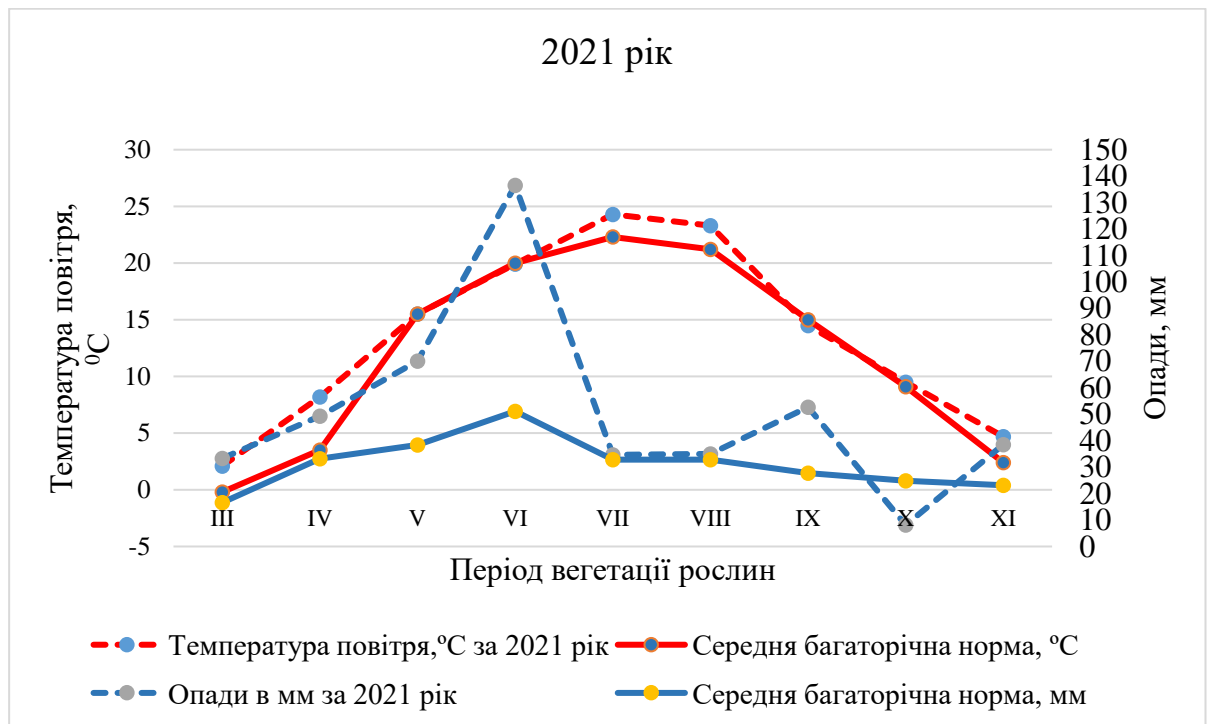


Рис. 2.3. Метеорологічні показники у період вегетації (2021 рік)

Впродовж років проведення польових дослідів (2019-2021 рр.) спостерігаються вітри зі швидкістю від 3,5 до 5,2 м/с, а атмосферний тиск знаходився в межах 746,80–758,10 мм. рт. ст. (Додаток Б). За напрямом переважають північні та південні вітри, дещо рідше було зафіксовано східні вітри.

Отже, аналіз метеорологічних даних упродовж періоду вегетації рослин у 2019, 2020 та 2021 роках показав, що для регіону проведення досліджень характерні нестійкі умови зволоження. За температурним режимом найжаркішим був 2020 рік, як за середніми показниками впродовж вегетаційного періоду, так і у розрізі місяців досліджень. Погодні умови 2017 та 2019 років за більшістю вегетаційного періоду відповідають характеристикам зонального клімату. За умовами забезпеченості вологою територія міста належить до посушливої зони.

Геологічна характеристика. Дослідження Криворізького залізрудного басейну показали, що основна частина території представляє собою

субмеридіальний прогин у центральній частини Українського щита. Протяжність залізрудних покладів у напрямку з півдня на північ, складає понад 100 км та біля 7 км заввишки [171]. Північна частина Криворіжжя знаходиться в межах Придніпровської височини, а південна частина належить до слабко похилої Причорноморської низовини (рис.2.4). За процеси рельєфоутворення відповідають такі фактори: яружна ерозія, площинні змиви та струменно-борозмистий розмив.

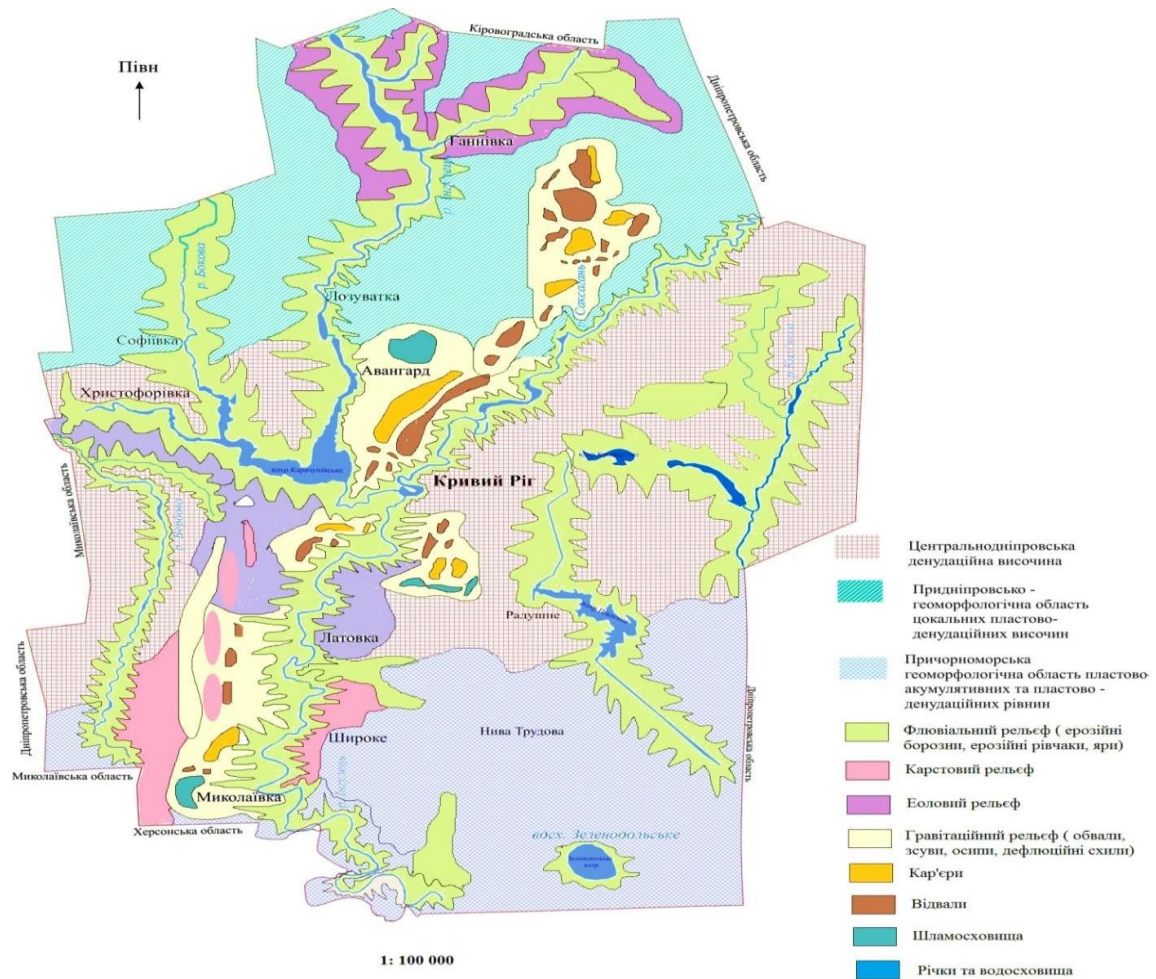


Рис. 2.4. Морфоструктури та морфоскульптури Криворіжжя [151, 209, 223]

За В. Л. Казаковим [223] територія Криворіжжя відноситься до декількох морфоструктур. У більшості випадків, рельєф представлений мезо- та мікроморфами. Вже з 1881 року активний розвиток промисловості призвів до формування антропогенного рельєфу. Дослідження території Криворіжжя В. Л. Казаковим, вказують на наявність розвинених генетичних типів природного морфоструктурного рельєфу (рис.2.5).

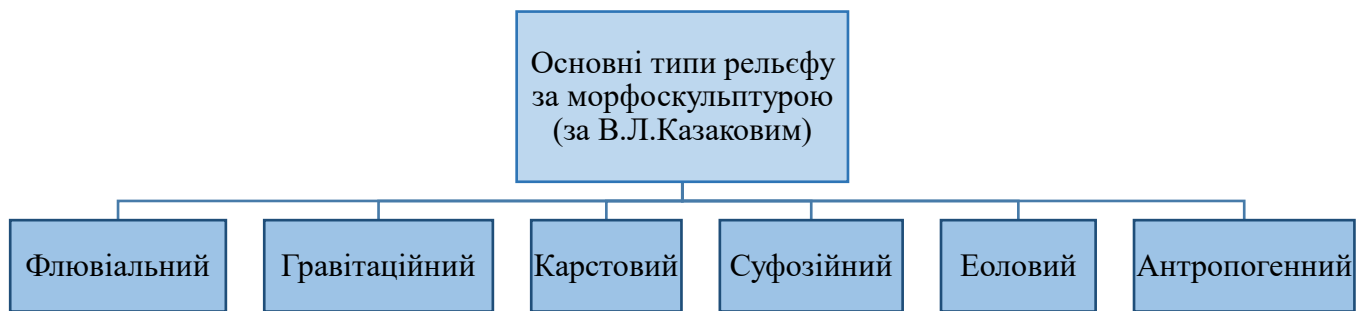


Рис. 2.5. Морфоскульптурний рельєф [223]

Флювіальний – найчастіше зустрічається на території Криворіжжя та представлений річковими долинами, балками, ярами та ін.

Гравітаційний – зрідка зустрічається на Криворіжжі. Такий тип рельєфу сформувався в наслідок обвалів, зсувів та осипання гірських порід під дією сили тяжіння Землі.

Карстовий – є результатом складних процесів руйнування карбонатних, сульфатних та соленосних порід (вимивання).

Суфозійний – сформувався внаслідок того, що підземні води виносять дрібні частинки ґрунту у глибокі шари земної кори, створюючи округлі западини.

Еоловий – є наслідком розвіювання алювіальних пісків першої надзапальної тераси р. Інгулець.

Антропогенний – сформувався в наслідок добування корисних копалин та складування побічних відходів.

Типологія техногенно девастрованих земель Криворіжжя. Характерними рисами девастрованих земель Криворізького регіону є:

- елімінація рослинного та ґрунтового покривів;
- порушення гідрологічного режиму;
- жорсткість термічного режиму;
- низькі тропічні властивості;

• у більшості випадків – спостерігається утворення різноманітних форм мезорельєфу.

Загалом, техногенно девастровані землі можна розділити на три умовні групи, диференціюючою ознакою у нашому випадку буде рельєф місцевості (рис. 2.6).



Рис. 2.6. Типологія техногенно девастрованих земель Криворіжжя [447]

Першу групу сформували території, які практично позбавлені елементів мезорельєфу, однак відзначається антропогенний вплив. Для девастрованих земель,

які відносяться до цієї групи характерне порушення таких компонентів природного середовища: рельєфу, поверхневих і підземних вод та рослинного покриву.

Насущною проблемою є дослідження техногенних земель кар'єровідвального типу які сформувалися при відкритій розробці корисних копалин. В наслідок активної промислової діяльності були сформовані штучні насипи для нагромадження розкривних порід неякісної мінеральної сировини та промислових відходів. Такі штучні насипи добре відомі як відвали, терикони тощо (рис. 2.6). Залізородні відвали Криворіжжя є типовими структурними елементами техногенного ландшафту цього регіону. Для них характерна повна відсутність рослинного покриву напочатку створення та різні темпи природного самозаростання [157, 160, 447].

Ріст обсягів переробки залізної руди та накопичення промислових відходів зумовлює збільшення площ для їх складування, виникає потреба у будівництві та організації експлуатації спеціальних гідротехнічних споруд. Враховуючи характеристики та назви відходів такі споруди отримали назву: хвостосховище, шламосховище, гідровідвал тощо (рис. 2.6). Одними з найбільш небезпечних об'єктів гірничого виробництва є хвостосховища, які навіть виведення з експлуатації представляють потенційну загрозу для навколишнього середовища. Перспективним напрямком поводження з промисловими відходами міста має бути перехід від їх видалення в спеціально відведених місцях (хвосто- та шламосховища) до комплексного промислового перероблення, повторного використання та утилізації [203, 263, 265].

Техногенно девастровані землі, як правило; екологічно небезпечні. Якщо залізородні відвали Криворіжжя – це позитивні акумулятивні форми рельєфу, то негативними елементами мезорельєфу є: кар'єри, розрізи, провали та ін. В. Л. Казаков розробив класифікацію кар'єрів за такими ознаками, як будова і складність, глибина, форма, місце розташування, замкненість та вид мінеральної сировини, що видобувається у кар'єрі [84, 128, 327]. Крім того, кар'єри поділяються на чотири групи: неглибокі (глибина до 50 м), середньоглибокі (глибина 50–150 м), глибокі (глибина 150–250 м) та надглибокі (глибина від 250 м) [128, 151].

Загалом, девастровані землі характеризуються різноманітністю едафічних умов, несприятливим впливом на довкілля, наявністю токсичних речовин та значного вмісту важких металів. Зазначені вище екстремальні умови девастрованих земель створюють перешкоди для появи рослинності, тому процеси самозаростання відбуваються повільно. Крім того, значної шкоди навколишньому середовищу завдають не лише сформовані антропогенні системи (копальні, кар'єри, відвали тощо), а й супутні елементи (будівлі, дороги, трубопроводи та ін.), які певним чином взаємодіють між собою та створюють особливі умови для росту і розвитку рослинного покриву [122].

Ґрунтовий покрив. Чорноземи звичайні малогумусні займають 67,5% площі Криворізького господарського району. У північній частині Криворіжжя переважають важкосуглинкові малопотужні ґрунти. Аналіз ґрунтового покриву південної частини регіону вказує на наявність легкосуглинкових малопотужних ґрунтів, де вміст гумусу в одному шарі складає від 3,4% до 5,2% (з коливанням від 2,0 до 6,0%). Валові запаси гумусу для ґрунту легкосуглинкового складу досягають 381 – 426 т/га, важкосуглинкового складу – 334 – 396 т/га [209, 251].

В наслідок розвитку гірничо-видобувної промисловості відбувається докорінна зміна біогеоценотичного покриву та формування антропогенних ландшафтів, для яких характерне зменшення запасів гумусу. На північному заході Криворіжжя спостерігаються риси чорноземів звичайних середньогумусних, де середній вміст гумусу не перевищує 6%. Саме внаслідок глибокого стояння води під різнотравно-типчачово-ковиловою рослинністю були сформовані ці ґрунти [223]. У південній частині ареалу спостерігаються ознаки характерні для чорноземів південних (грудкувато-горіхова структура, значна ущільненість горизонту Pb).

Лучні засолені, чорноземно-лучні, глибоко-слабосолонцюваті та слабосолончакуваті ґрунти зустрічаються на 1,2% площі Криворіжжя. Для таких ґрунтів характерна висока потужність елементів мінерального живлення – 60см, тоді як вміст гумусу складає 3,4 – 5,4% [223]. Ґрунти з різним ступенем еродованості займають 37% площі регіону.

За даними досліджень І.А. Добровольського та Є. Д. Ющука під впливом викидів гірничо-металургійного комплексу у ґрунтах спостерігається зменшення вмісту гумусу на 8,12 – 13,9%, підвищення лінії скипання, що зумовлено певними хімічними аномаліями [92, 323]. На техногенно зруйнованих землях утворюються примітивні, фрагментарно-примітивні, коротко- і неповнопрофільні ґрунти [94, 223, 256]. На насипних шарах чорнозему або його суміші із суглинками розвиваються педоземи, де процес ґрунтоутворення більш інтенсивний ніж на чистих субстратах.

Отже, величезний потенціал регіону (запас залізних руд – понад 18 млрд. т) та особливі природно-кліматичні умови, призвели до формування потужної зони техногенезу на території Криворіжжя [151, 227].

2.2. Об'єкти досліджень

Об'єктами досліджень були аборигенні і інтродуковані види деревно-чагарникових рослин природно поширені на техногенно девастрованих землях Криворіжжя, їх життєвий стан та потенціал самовідновлення рослин в умовах техногенно порушених земель.

Матеріалами роботи слугували результати власних польових досліджень, які виконували упродовж 2018 – 2022 рр. на території девастрованих земель Коломоївського, Жовтневого та Карачунівського гранітних кар'єрів, а також Петровського залізорудного-відвалу та території рудника імені Ф. Є. Дзержинського. Окремо проводили дослідження природно поширених деревно-чагарникових угруповань на девастрованих землях ландшафтного заказника місцевого значення «Візирка»: незатоплені борти кар'єрів № 1, 2, 3, відвали / терикони ландшафтного заказника. Маршрутно-рекогносцирувальним методом обстежено всю територію девастрованих земель, в межах кожного дослідного об'єкта було закладено п'ять моніторингових ділянок (мінімальний розмір 150 м на 150 м), які відрізняються максимальною контрастністю екологічних умов й густотою природних деревостанів.

комбінату (ЦГЗК). Він знаходиться в зоні обвалення недіючої шахти ім. Петровського (ймовірно звідки його назва) колишнього рудника ім. Карла Либкнехта. За даними А. Д. Куделі [167], автотранспортна відсипка Петровського відвалу розпочалася у 1959 р. під час підготовки до експлуатації кар'єру №1 ЦГЗК.

За складом цей відвал змішаний та містить осадові породи, сланці, а також безрудні, малорудні й окисленні кварцити. Основна відсипка Петровського відвалу була завершена у середині 60-х рр. XX ст. Станом на 1980 р. у Петровському відвалі було заскладовано 5 834 000 м³ гірських порід. На цей час його морфометричні параметри становили: довжина – 425 м, ширина – 375 м, висота – 48 м, площа – 15,94 га [167]. Рослинний покрив представлений деревними, деревночагарниковими та трав'яними угрупованнями. В межах відвалу було закладено п'ять моніторингових точок, що відрізняються різними екологічними умовами (рис. 2.8).



Рис. 2.8. Картосхема розташування пробних площ на девастрованих землях Петровського відвалу: I, II, III, IV, V – ділянки дослідження

Девастровані землі рудника імені Ф.Є. Дзержинського (Рудник), сьогодні це частково не діюче і найбільш старе підприємство Криворізького регіону з видобутку та збагачення залізних руд, яке веде свою історію з кінця XIX ст. Згідно

літературних джерел [98, 207, 282], на його території вели видобуток рудники Саксаганський (1881 р.) та Карнаватський (1885 р.). Територія Рудника розміщена в 3 км на північний схід від центру м. Кривий Ріг. З найближчою залізничною станцією «Мудрьона» пов'язаний декількома під'їзними залізничними коліями.

Ділянка рудника знаходиться на площі рудоносних порід Криворізької свити, що представляють собою вузьку полосу, витягнуту з південно-заходу на північний-схід, протяжністю близько 4 км, при ширині 1,5 – 2 км (другий Саксаганський пласт). Рудоуправлінням розроблялися поклади багатих залізних руд, а 1987 року починають залучатися до розробки відносно бідні залістисті кварцити [97]. На сьогоднішній день на території Рудника видобуток залізної руди ведеться на колишньому кар'єрі «Південний», який був реорганізований в державне науково-виробниче підприємство «Укрмеханобр» [93, 126]. Наші дослідження були проведені в межах території Рудника. Було закладено п'ять дослідних ділянок (рис.2.9).



Рис. 2.9. Картосхема розташування пробних площ на девастрованих землях Рудника: I, II, III, IV, V – ділянки дослідження

Група гранітних кар'єрів. У Криворізькому басейні, крім залізної руди, ведеться видобуток відкритим способом піску, глини, вапняків, гранітів і інших нерудних корисних копалин. Під час дослідження гранітних кар'єрів Криворіжжя

спочатку визначали: історію створення, площу, а також сучасний статус зазначених територій девастрованих земель (табл.2.1) .

Таблиця 2.1

Характеристика девастрованих земель гранітних кар'єрів Криворіжжя [253]

Показник		Гранітні кар'єри		
		Коломоївський	Жовтневий	Карачунівський
Географічні координати		48°3'29»N 33°31'36»E	47°59'17»N 33°27'46»E	47°53'57»N 33°16'49»E
Початок видобутку граніту, рік		1956	1935	1955
Припинення видобутку граніту, рік		діючий	1999	1995
Площа девастрованих земель, га		100	80	20
Склад девастрованих земель	кар'єр	+	+	+
	відвал	+	+	+
	промисловий майданчик	-	+	-
Морфометричні показники кар'єрів	довжина, м	950	550	370
	ширина, м	500	330	145
	глибина, м	100	70	60

Коломоївський гранітний кар'єр розробляється з 1956 року та станом на сьогодні є діючим на ринку товарів і послуг в місті Кривий Ріг. Над західним бортом працює дробильносортувальний цех зі складом готової продукції. Основною корисною копалиною цього родовища є граніти, порушені вивітрюванням та незмінні поклади граніту. Тому першочерговою метою експлуатації Коломоївського родовища став видобуток граніту для виробництва будівельно-щобенової продукції.

Фото девастрованих земель Кривого Рогу представлено в додатку А. Для проведення комплексних досліджень було відібрано 5 дослідних ділянок з урахуванням їх розташування на девастрованих землях кар'єру (рис. 2.10).



Рис. 2.10. Картосхема розташування пробних площ на девастрованих землях Коломоївського гранітного кар'єру: I, II, III, IV, V – ділянки дослідження

Щебневі запаси Коломоївського гранітного кар'єру на 2008 рік становлять 16,7 млн м³. Останні 5 років днище кар'єру затоплюється підземними та атмосферними водами. Проте видобувна ділянка знаходиться вище рівня урізу води. На північ від кар'єру відсипаний двоярусний відвал розкритих гірських порід. Уступи бортів кар'єру терасовані [165].

Жовтневий гранітний кар'єр. За будовою кар'єр складний, має неправильну форму в плані, є замкненим та обводненим. У ході видобутку граніту на кар'єрі утворились 5 кар'єрних терас. Природні екзогенні чинники стали рушійною силою для схилів кар'єру, і це спричинило міграцію уламків породи на дно кар'єру. Жовтневий гранітний кар'єр має доволі сприятливі природні умови та ландшафтну структуру для розвитку рекреаційно-туристичної діяльності [148, 150, 151].

Кар'єр має типову структуру – днище (затоплене) і борта. На 2003 р. глибина техногенного озера становила 28,5 м, але вже на кінець 2018 р. глибина сягала 40 м. Борта складаються з берм – уступів висотою 10–12 м [54, 151]. Обрано 5 дослідних ділянок на девастрованих землях кар'єра (рис. 2.11).



Рис. 2.11. Картосхема розташування пробних площ на девастрованих землях Жовтневого гранітного кар'єру: I, II, III, IV, V – ділянки дослідження

Карачунівський гранітний кар'єр. У 1999 році видобуток руди тут було закрито, а сам кар'єр природним чином наповнився водою з Інгульця. Карачунівський кар'єр, приурочений до надзапальної тераси р. Інгулець, абсолютна висота якої 200–220 м. Кар'єр розвивається п'ятьма уступами, через 15 м кожний. Тут панує кар'єрно-відвальний тип ландшафту, який представлений типом місцевостей кам'янистий бедленд. Північні схили кар'єру досить круті (до 80°), складаються з гранітних порід і майже позбавлені рослинності. Західні і східні схили кар'єра являють собою ступінчасті тераси. Східні схили – це три нарізні тераси висотою 10–15 м. Їх крутизна становить 50–70° [151].

Кар'єр відділяє від ріки Інгулець стіна граніту. Ширина перемички 40–50 метрів. Ріка Інгулець тече вище рівня води озера кар'єру. Цим підкреслюється

особливість сучасного стану території. Закладено 5 дослідних ділянок на девастрованих землях кар'єра (рис. 2.12).



Рис. 2.12. Картосхема розташування пробних площ на девастрованих землях Карачунівського гранітного кар'єру: I, II, III, IV, V – ділянки дослідження

Незатоплені борти кар'єрів № 1, 2, 3, відвали ландшафтного заказника заказника «Візирка». На місці трьох затоплених кар'єрів утворено ландшафтний заказник «Візирка». Створений він був наприкінці 2001 року за ініціативою ІнГЗК. Підпорядковується Інгулецькому гірничо-збагачувальному комбінату. Його територія становить понад 121 га. Кар'єри було розкрито у середині 1970-х років, проте через те що довоєнні карти видобутку залізної руди шахтою Візирка були знищені, видобуток розпочато було над відпрацьованими виробітками. У 1978 році, екскаватор, що видобував залізну руду, провалився у таку виробітку. Видобуток довелося звернути. Назва заказника походить від залізорудної шахти Малодобровольського рудника, що був закладений у 1897 році на землях поміщика В. В. Добровольського. Відвали становлять 42 га, водне дзеркало 8 га. Озеро № 1 «Візирка північна» – 1,98 га, озеро № 2 «Візирка північно-західна» – 3,94 га та озеро № 3 «Візирка південно-західна» – 2,73 га (Додаток А) [54, 285].

В межах кожного із трьох кар'єрів було обрано по п'ять дослідних ділянок. Однією з умов закладання ділянок була кількість деревно-чагарникових видів рослин – не менше 30 дерев.

2.3. Методи досліджень

Вивчення деревно-чагарникових рослин на дегазованих землях Криворіжжя проводилося протягом 2017–2021 років. У польових умовах маршрутним та рекогносцирувальним методами визначали пооб'єктний флористичний склад деревних та чагарникових видів за зведенням С. Л. Мосякіна та М. М. Федорончука [416] з деякими уточненнями за С. К. Черепановим [305].

Аналіз адвентивної фракції флори здійснювався за рекомендаціями В. В. Протопопової [228]. В межах дослідної ділянки визначали її площу, місце розташування деревно-чагарникових рослин, кількість рослин на облікових ділянках. Таксаційні дослідження деревостану проводили за стандартними методиками [197]. Обхват стовбура вимірювали за допомогою мірної стрічки на висоті 1,3 м від поверхні ґрунту, їх висоту – сучасним лазерним висотоміром (Nikon Forestry 550).

Життєвий стан дерев оцінювали (по 60 шт. на кожній дослідній ділянці) за формулами В. А. Алексєєва [5]:

$$L1 = \frac{(100*n1 + 70*n2 + 40*n3 + 5*n4)}{N}$$

де L1 – відносний життєвий стан деревостану за показниками чисельності; n1 – кількість здорових дерев на ділянці (шт.); n2 – кількість ослаблених дерев на ділянці (шт.); n3 – кількість сильно ослаблених дерев на ділянці (шт.); n4 – кількість відмираючих дерев на ділянці (шт.); 100, 70, 40, 5 – коефіцієнти, що виражають життєвий стан здорових, ослаблених, сильно ослаблених та відмираючих дерев; N – загальна кількість дерев на ділянці (шт.);

$$L2 = \frac{(100*V1 + 70*V2 + 40*V3 + 5*V4)}{V}$$

де $L2$ – відносний життєвий стан деревостану за показниками запасу деревини; $v1$ – запас деревини здорових дерев на ділянці (m^3); $v2$ – запас деревини ослаблених дерев на ділянці (m^3); $v3$ – запас деревини сильно ослаблених дерев на ділянці (m^3); $v4$ – запас деревини відмираючих дерев на ділянці (m^3); 100, 70, 40, 5 – коефіцієнти, що виражають життєвий стан здорових, ослаблених, сильно ослаблених та відмираючих дерев; V – загальний запас деревини на ділянці, включаючи сухостій (m^3).

При наявності 100–80% дерев, які не мають зовнішніх ознак пошкоджень крони та стовбура, життєвий стан деревостану оцінювався як «здоровий», при 79–50% – ослабленим, при 49–20% – дуже ослабленим, при 19% та нижче – повністю зруйнованим.

Морфометричні параметри листків досліджували після зупинки їх ростових процесів з нижньої частини крони приблизно однакового розміру. Для вимірів довжини довжини і ширини листкової пластинки використовували вимірювальний циркуль, яким знімали показники, та лінійку [196].

Розрахунок дендрометричних показників деревостану, зокрема густоту насаджень (N , шт/га), діаметр стовбура (D , см), висоту дерев (H , м), запас стовбурної деревини (V , m^3 /га) та суму площ поперечних перерізів (G , m^2 /га), проводили за загальноприйнятими методиками [210].

Рівень флуктуючої асиметрії листка визначали за методикою В. М. Захарова зі співавт. [115]. Виміри проводили за 5-ма показниками в мм (параметри 1–4) та градусах (параметр 5) з лівого і правого боку листкової пластинки (рис. 2.13): ширина половинки листка (ліва/права); довжина другої жилки другого порядку від основи листка (ліва/права); відстань між основами першої і другої жилок другого порядку (ліва/права); відстань між кінцями цих жилок (ліва/права); кут між головною жилкою і другою від основи жилкою другого порядку (ліва/права). Для вимірювання параметрів 1–4 використовували вимірювальний циркуль та лінійку, кут між жилками (5) визначали за допомогою транспортиру.

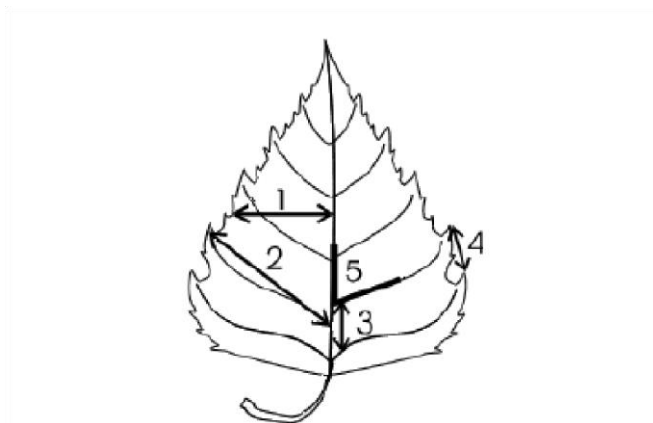


Рис.2.13. Показники для визначення асиметрії листкової пластинки

Величину ФА оцінювали за інтегральним показником – величиною середньої відносної різниці за ознаками, яку розраховували як середнє арифметичне відношення різниці до суми промірів листя зліва і справа. Для цього модуль різниці між промірами зліва (L) і справа (R) ділили на суму цих же промірів:

$$|L - R| / (L + R).$$

За допомогою значень ФА за кожною ознакою обчислювали показник асиметрії для кожного листка, підсумовуючи їх, отримане значення ділили на кількість ознак:

$$Z = (Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5) / N,$$

де N – кількість параметрів, Y – показник, розрахований для кожного параметра, як різниця між правою та лівою частиною листкової пластинки.

Після цього визначали середні відносні відмінності між сторонами на ознаку для вибірки (інтегральний показник) за формулою:

$$X_{\text{сер.}} = (Z_1 + Z_2 + \dots + Z_n) / n,$$

де n – кількість листків (50 шт).

Оцінку отриманих результатів флюктууючої асиметрії виконували за п'ятибальною шкалою (табл. 2.2) відхилень стану організму від умовної норми за величиною інтегрального показника стабільності розвитку [115].

Таблиця 2.2

Шкала оцінки відхилень стану організму від умовної норми за величиною показника флюктуючої асиметрії

№	Величина показника флюктуючої асиметрії	Оцінка	
		Бал	Характеристика
1	< 0,040	I	Умовна норма
2	0,040 – 0,044	II	Мінімальний рівень впливу
3	0,045 – 0,049	III	Середній рівень впливу
4	0,050 – 0,054	IV	Максимальний рівень впливу
5	> 0,054	V	Вкрай несприятливі умови, рослини перебувають в сильно пригніченому стані

Вміст хлорофілу у листках трьох видів деревних рослин (клена ясенелистого (*Acer negundo* L.), робінії звичайної (*Robinia pseudoacacia* L.), берези повислої (*Betula pendula* Roth.)) вивчали наступним чином. Листки (без черешків) відібрали в межах моніторингової ділянки після цвітіння і плодоношення рослин на висоті 1,5-1,7 м з південного боку, мінімум з п'яти дерев одного віку. Надалі листки висушували, подрібнювали і об'єднували у лабораторні проби за видами та ділянками. Концентрації хлорофілу у листках визначали за класичною методикою [21, 224] у екстракті 96 % етанолу з використанням фотоелектроколориметру КФК 2 МП. Отримані результати опрацьовували математично за допомогою методів і алгоритмів варіаційної та кореляційної статистик на рівні значущості $P < 0,95$ [25].

Кількісний вміст суми фенольних сполук визначали за методикою Singleton et al. (1999) [455, 456] в модифікації Stankovic et al. (2014) [470]. Екстракцію фенольних сполук проводили на наступним алгоритмом: наважку (0,2 г) рослинного матеріалу розтирали у парцеляновій ступці у присутності 5 мл 80 % ізопропанолу. Надалі розчин фільтрували, доводили об'єм до 5 мл. Визначення фенольних сполук: відбирали у пробірки 0,2 мл екстракту та додавали 0,2 мл дистильованої води, 1 мл 10 % розчину Фоліна-Чокальтеу і 0,8 мл 7,5 % розчину

карбонату натрію. Пробирки закривали пробками і витримували у термостаті протягом 40 хв при температурі 45 °С. Оптичну густину охолоджених проб вимірювали за довжини хвилі 725 нм у кюветках товщиною 0,3 см. Вміст суми фенольних сполук представлено у перерахунку: 1 мг еквівалента галової кислоти на 1 г сухої наважки (мг ЕГК / г с. н.). Усі лабораторні експерименти проводили в триразовому повторенні.

Уміст важких металів та макронутрієнтів у ґрунті визначали наступним чином. На території Петровського відвалу порожньої породи було обрано п'ять ділянок моніторингу, які відрізняються віком відвалу породи і характеризуються контрастними едафічними умовами. На кожній ділянці були взяті проби ґрунту з верхнього шару на глибині 0-10 см відповідно до класичних методів відбору проб. Процедури сушіння, подрібнення і просіювання зразків ґрунту через металеве сито (розмір пори – 1 мм) проводилися відповідно до стандартних методів [222, 362, 424]. До 20 мг суміші Na_2CO_3 і K_2CO_3 (співвідношення 1:1) було додано до 100 мг зразка ґрунту і ретельно перемішано. Отриману суміш поміщали в муфельну піч і витримували при температурі 700 °С протягом 5 годин. Охолоджені зразки розчиняли в суміші кислот (HF і HCl), і брали аліквоту [362, 424]. Визначення вмісту макронутрієнтів (калій, натрій, кальцій, магній, сірка і фосфор) і важких металів (залізо, марганець, цинк, мідь, свинець і кадмій) проводили маспектрометром з індукційно зв'язаною плазмою (ICP-MS), аналізатор X-серії 2 (Thermo Fisher Scientific, США). Лабораторні дослідження проводилися Дослідження виконані на базі лабораторії екології Інституту біології Технічного Університету «Фрайберзька гірнича академія» (м. Фрайберг, Німеччина) під керівництвом проф. д-ра Германа Хайльмайєра.

Уміст важких металів та макронутрієнтів у рослинному матеріалі. Відбір проб листя трьох видів (клен ясенелистний (*Acer negundo* L.), береза повисла (*Betula pendula* Roth.) і робінія звичайна (*Robinia pseudoacacia* L.)), сушка і подрібнення їх були виконані восени 2019 року за класичними методиками [339, 383, 388]. Для підготовки зразка до маси подрібненого матеріалу листа (100 мг) додавали 0,2 мл

H₂O DI і 1,6 мл HNO₃ (65 %). Розчин інкубували при кімнатній температурі протягом 24 годин. Потім до цього розчину додавали 0,6 мл HF (4,8 %) і 0,9 мл HCl (36 %). Потім розчин відправляли у мікрохвильову піч (Microwellen-Laborsystem, MLS-ETHOS plus). Мікрохвильовий вплив тривав протягом 2 годин. Потім в нього вливали H₂O (дистильована вода), розбавляючи обсяг розчину до 10 мл. Нарешті, 0,1 мл внутрішнього стандарту вилили на 1 мл зібраного мінералізату, після чого знову вилили H₂O (дистильована вода), розбавивши об'єм до 10 мл. Остаточне визначення концентрацій макронутрієнтів (K, Ca, Mg, P, S) і важких металів (Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Cd) проводили за допомогою мас-спектрометрії з індуктивно-зв'язаною плазмою (прилад ICP-MS серії X 2, Thermo Fisher Scientific, США). Аналітична частина нашого дослідження була виконана в лабораторії екології Інституту біології Технічного Університету «Фрайберзька гірнича академія» (м. Фрайберг, Німеччина) під керівництвом проф. д-ра Германа Хайльмайєра.

Статистичну обробку експериментального матеріалу здійснювали за допомогою пакета прикладних комп'ютерних програм MS Excel. Результати досліджень опрацьовували математично з використанням методів параметричної статистики на 95% рівні значущості [103, 108].

РОЗДІЛ 3

ЕКОЛОГО-БОТАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЕРЕВНИХ ВИДІВ РОСЛИН, ПРИРОДНО ПОШИРЕНИХ НА ТЕХНОГЕННО ДЕВАСТОВАНИХ ЗЕМЛЯХ КРИВОРІЗЬКОГО

3.1. Таксономічний склад деревних видів рослин

На основі камерального опрацювання матеріалів польових досліджень нами складено флористичний список дерев та чагарників девастрованих земель Петровського відвалу, території колишнього рудника ім. Ф. Е. Держинського, Коломоївського, Жовтневого та Карачунівського гранітних кар'єрів Криворізького залізорудного регіону та ландшафтного заказника місцевого значення «Візирка», що включає 54 види, які належать до 34 родів та 18 родин (Додаток В, рис. 3.1 та табл. 3.1).

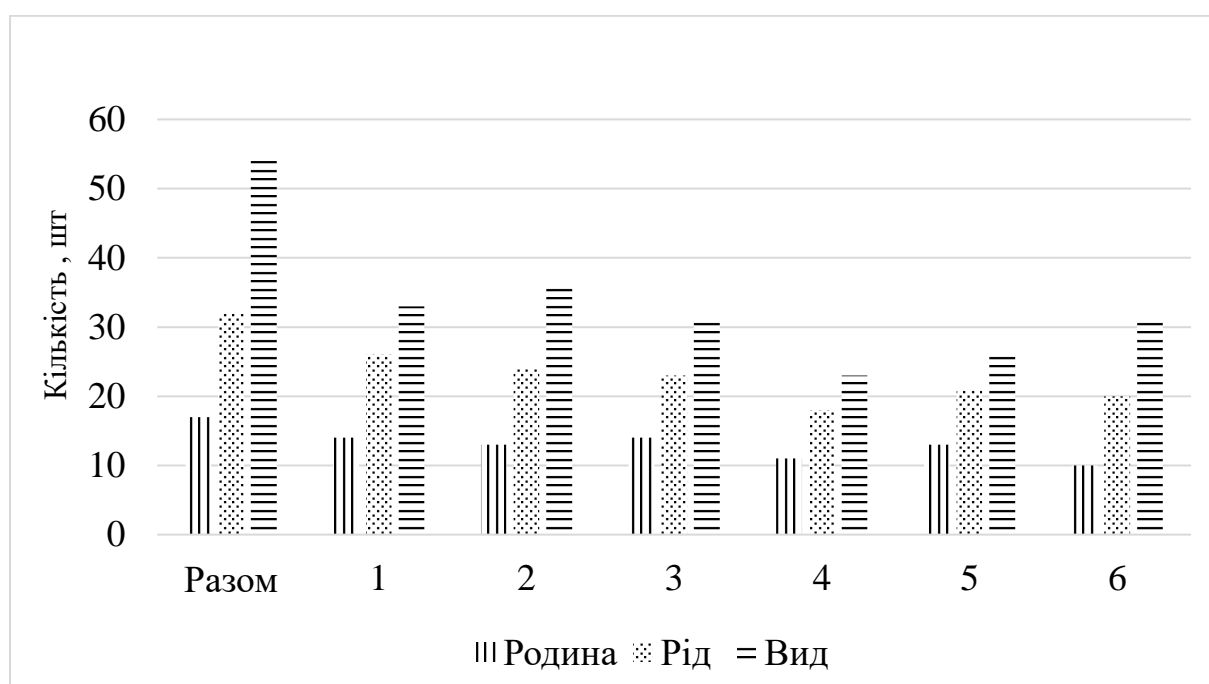


Рис. 3.1. Таксономічна характеристика деревно-чагарникових угруповань на девастрованих землях Криворіжжя: 1) Петровський відвал, 2) Девастровані землі Рудника, 3) Жовтневий гранітний кар'єр, 4) Карачунівський гранітний кар'єр, 5) Коломоївський гранітний кар'єр, 6) Візирка

Таблиця 3.1

**Провідні родини деревно-чагарникових угруповань на девастрованих
землях Криворіжжя**

№ з/п	Родина	Кількість таксонів				Родовий коефіцієнт
		родів	%	видів	%	
1	Rosaceae	10	29,41	18	33,33	1,8
2	Salicaceae	2	5,88	7	12,96	3,5
3	Fabaceae	3	8,82	4	7,41	1,33
4	Aceraceae	1	2,94	4	7,41	4
5	Ulmaceae	1	2,94	3	5,56	3
6	Caprifoliaceae	2	5,88	2	3,70	1
7	Elaeagnaceae	2	5,88	2	3,70	1
8	Moraceae	1	2,94	2	3,70	2
9	Oleaceae	3	8,82	3	5,56	1
10	Fagaceae	1	2,94	1	1,85	1
11	Simarubaceae	1	2,94	1	1,85	1
12	Rhamnaceae	1	2,94	1	1,85	1
13	Cornaceae	1	2,94	1	1,85	1
14	Betulaceae	1	2,94	1	1,85	1
15	Anacardiaceae	1	2,94	1	1,85	1
16	Juglandaceae	1	2,94	1	1,85	1
17	Pinaceae	1	2,94	1	1,85	1
18	Viburnaceae	1	2,94	1	1,85	1
у 3-х провідних родин		15	44,12	29	53,70	1,93
у 10-х провідних родин		26	76,47	44	85,19	1,69
у 18-ти родин		34	100	54	100	1,59

Аналіз таксономічної структури дендрофлори девастрованих земель міста Кривого Рогу показав, що найпоширенішими є деревні рослини відділу Magnoliophyta (98,2 %). Відділ Pinophyta представлений лише однією родиною Pinaceae з дуже обмеженою кількістю видів (1,8 %). Поряд із флористичним багатством, важливим кількісним показником флори вважають її систематичну структуру [283].

Маршрутними дослідженнями встановлено, що на території Петровського відвалу природно виростають 33 види деревних рослин і чагарників, які належать до 26 родів та 14 родин. Провідними родинами визначено: розові (Rosaceae Juss.), вербові (Salicaceae Mirb.), кленові (Aceraceae Juss.) та в'язові (Ulmaceae Mirb.). Встановлено, що найпоширенішими видами є: береза повисла (*Betula pendula* Roth.), клен ясенелистий (*Acer negundo* L.), маслинка вузьколиста (*Elaeagnus angustifolia* L.), осокір (*Populus nigra* L.), садова ірга звичайна (*Amelanchier ovalis* Medik.) та шипшина звичайна (*Rosa canina* L.).

На девастрованих землях гранітних кар'єрів Криворіжжя (Жовтневий гранітний, Карачунівський та Коломоївський гранітний кар'єр) природно зростають 34 види деревних рослин і чагарників, які належать до 25 родів та 15 родин. Провідними родинами визначено: розові (Rosaceae Juss.), маслинові (Oleaceae Hoffmanns. & Link.), вербові (Salicaceae Mirb.), кленові (Aceraceae Juss.), також в'язові (Ulmaceae Mirb.). Найпоширенішими видами виявилися маслинка вузьколиста (*Elaeagnus angustifolia* L.), абрикос звичайний (*Armeniacca vulgaris* Lam.), в'яз гладкий (*Ulmus laevis* Pall.), в'яз карликовий/низький (*Ulmus pumila* L.), в'яз граболистий (*Ulmus minor* Mill.), клен ясенелистий (*Acer negundo* L.), робінія звичайна (*Robinia pseudoacacia* L.) та шипшина звичайна (*Rosa canina* L.).

За результатами опрацювання матеріалів польових досліджень нами складено флористичний список дерев та чагарників девастрованих земель території колишнього рудника ім. Ф.Е. Дзержинського, що включає 36 видів, які належать до 24 родів та 13 родин. Всі види деревно-чагарникових рослин техногенних екотопів належать до відділу Покритонасінні (Magnoliophyta). Аналіз отриманих результатів показав, що провідне місце в флорі деревно-чагарникових рослин території Рудника

займають наступні родини: розові (Rosaceae Juss.), маслинові (Oleaceae Hoffmanns. & Link.) та вербові (Salicaceae Mirb.).

Таксономічний склад деревночагарникової флори досліджених територій девастрованих земель трьох кар'єрів заказника Візирка містить 31 вид (20 родів та 10 родин), які відносять винятково до відділу Покритонасінні (Magnoliophyta). Найбільш численні за флористичним складом родини: розові (Rosaceae Juss.) та вербові (Salicaceae Mirb.).

Для оцінки родинного спектру асортименту деревної рослинності порушених земель Криворіжжя визначили родовий коефіцієнт, що становить 1,59. Невисоке значення цього показника свідчить про значну кількість одновидових родів, що вказує на розрізнений видовий склад деревно-чагарникової рослинності дослідних ділянок, далеких від природних насаджень.

Видова різноманітність деревно-чагарникових рослин залежить від групи факторів. Велике значення має вік відвалу, розміщення його частин відносно світла, крутизна схилу та фізико-хімічний склад ґрунту. Крім того, слід брати до уваги наявність біля відвалу насаджень, що можуть бути джерелом занесеного на його територію насіння. Видова насиченість фітоценозів поступово підвищується зі збільшення інтервалу часу з моменту припинення його експлуатації [252, 254].

Узагальнюючи отримані результати (Додаток Г), аналіз систематичної структури дерев та чагарників природно поширених на девастрованих землях показав (табл. 3.1 та рис. 3.2), що найчисельнішими родинами за кількістю видів є Rosaceae та Salicaceae, які представлені 18-ма та 7-ми видами відповідно. Родина Aceraceae і Fabaceae має 4 види, що зростають на порушених територіях. А родини Ulmaceae та Oleaceae – по 3 види. По 2 види мають родини Elaeagnaceae, Caprifoliaceae та Moraceae. Лише 1 видом представлені 9 родин, що становить 50 % від загальної їхньої їх кількості на території девастрованих земель .

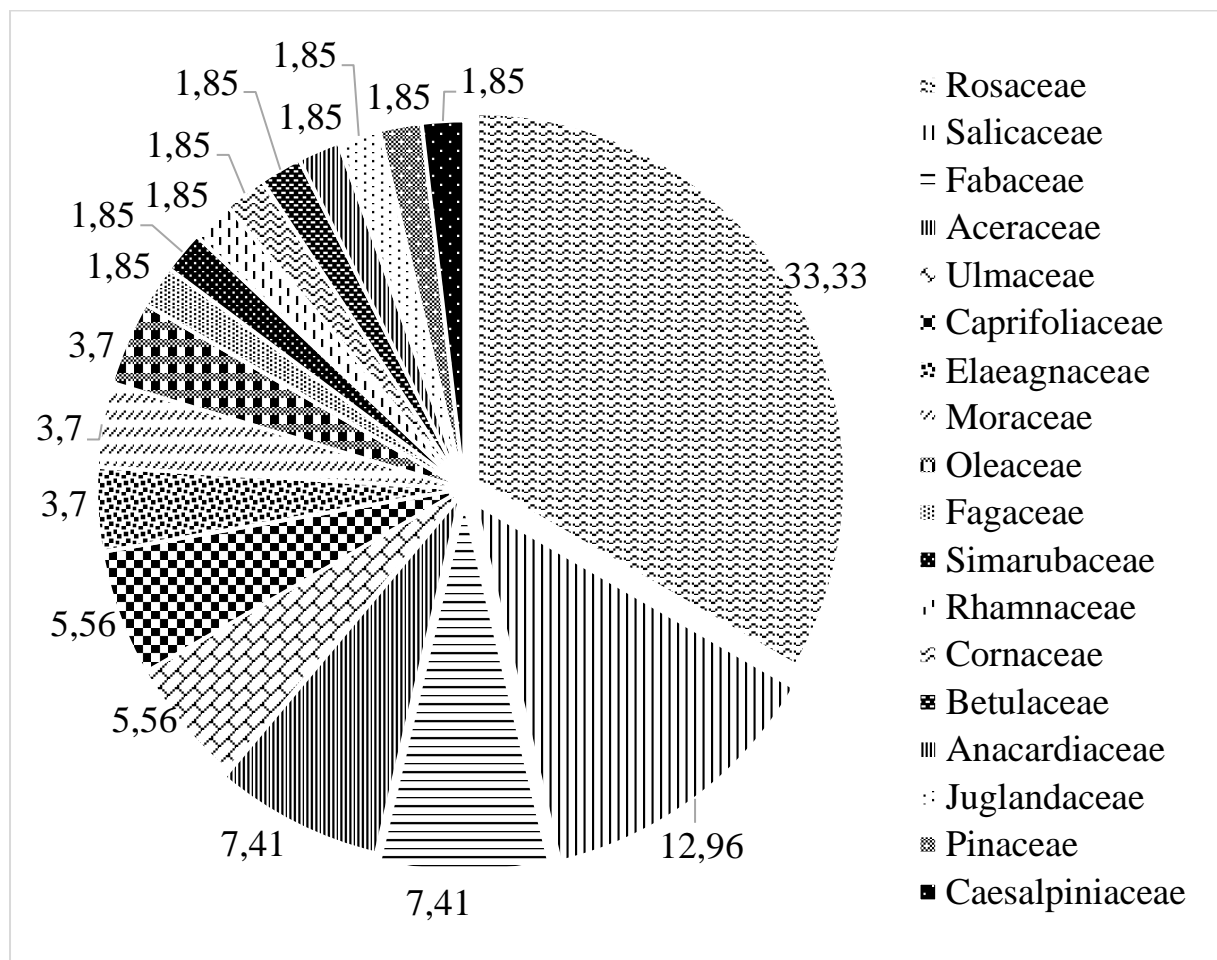


Рис. 3.2. Структура фітоценозів деревно-чагарникових угруповань на девастрованих землях Криворіжжя, %

Розповсюдження адвентивних, або неаборигенних, видів рослин набуло глобального характеру й охопило всі континенти планети. Потужним чинником трансформації природної флори та зміни її видового складу є важка промисловість [307]. Антропогенна трансформація флори характерна для всіх регіонів України, цьому сприяє знищення природної рослинності та поширення синантропних видів, в тому числі адвентивних на порушених землях.

Результати наших досліджень свідчать, що серед дерев і чагарників на девастрованих землях Криворіжжя за кількісними показниками перевагу мають алохтонні види (61,11%) порівняно з автохтонними (38,98%). Співвідношення автохтонної та алохтоної фракцій (рис. 3.3), яке склалося в процесі самозаростання

порушених земель, є важливою рисою синантропної флори і його слід використовувати для характеристики синантропної рослинності [228].

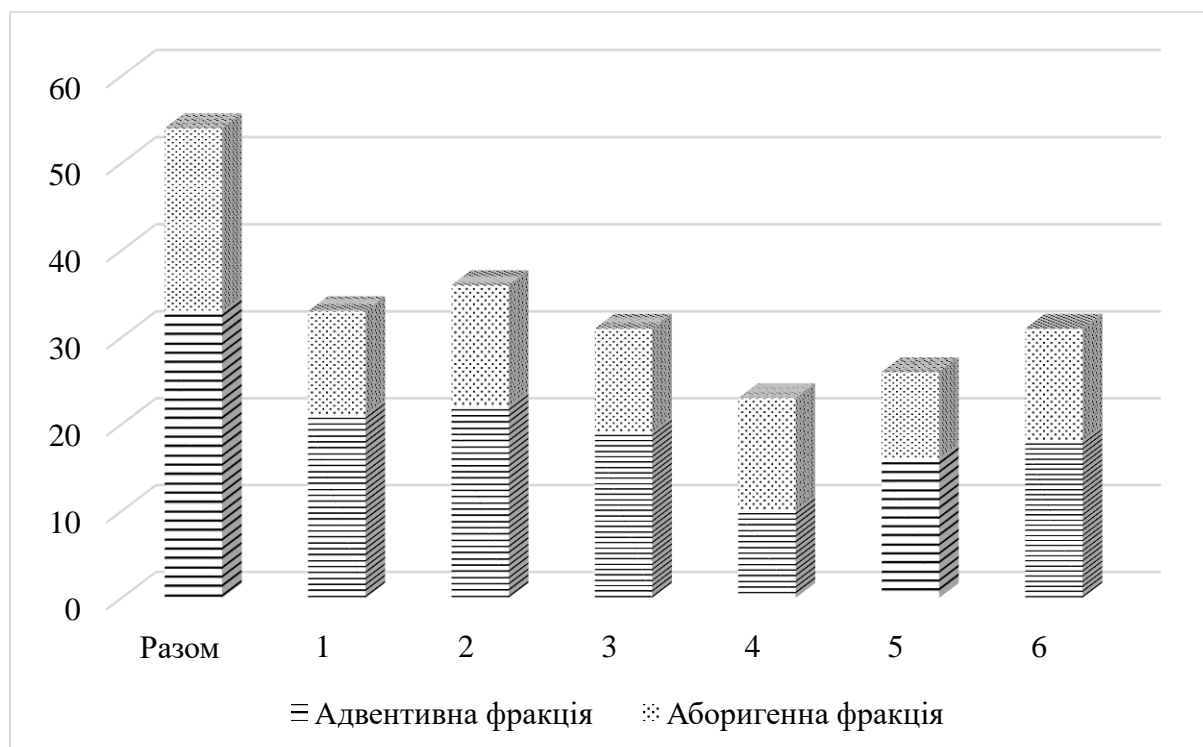


Рисунок 3.3 Розподіл за походженням деревних видів рослин та чагарників на деастрованих землях Криворіжжя: 1) Петровський відвал, 2) Деастровані землі Рудника, 3) Жовтневий гранітний кар'єр, 4) Карачунівський гранітний кар'єр, 5) Коломоївський гранітний кар'єр, 6) Візирка

Домінування адвентивних рослин на порушених землях можна пояснити нестабільністю складу фітоценозів, наслідком антропогенного тиску та низькими адаптивними якостями аборигенних видів до складних умов техногенно трансформованих територій. З отриманих нами даних бачимо, що різні дослідні ділянки мають неоднорідну структуру (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

**Співвідношення аборигенної та адвентивної фракції
деревно-чагарникових угруповань на девастрованих землях Криворіжжя**

Дослідні ділянки	Аборигенні види	Адвентивні види	Співвідношення аборигени/адвенти
Петровський відвал	12	21	1:1,75
Девастровані землі Рудника	14	22	1:1,57
Жовтневий гранітний кар'єр	12	19	1:1,58
Карачунівський гранітний кар'єр	13	10	1,3:1
Коломоївський гранітний кар'єр	10	16	1:1,6
Візирка	13	18	1:1,38

Особливої уваги потребують адвентивні види, що поширені на девастрованих землях Криворіжжя, які характеризуються високою інвазійною спроможністю. Отримані результати дозволили визначити групу інвазивних чужорідних рослин, що складається з 5 видів, які належать до 5 різних родин.: *Acer negundo* L.– Aceraceae; *Robinia pseudoacacia* L. – Fabaceae; *Salix fragilis* L. – Salicaceae; *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle – Simarubaceae; *Elaeagnus angustifolia* L. – Elaeagnaceae.

Загалом, родинний спектр фітоценозів деревно-чагарникових угруповань на девастрованих землях Криворіжжя є досить строкатим, велика кількість родин, які представлені переважно 1–2 видами свідчить про нестабільність рослинного покриву, високий ступінь залежності від зовнішніх умов. Адвентивна фракція у складі флори порушених земель є численною та досить різноманітною за видовим складом.

3.2. Еколого-біоморфічні спектри деревних видів рослин

Біоморфологічний спектр життєвих форм флори відображає характер адаптації рослин до всього різноманіття умов зростання в певному фізико-географічному середовищі. За О. А. Бельгардом адаптації рослин до певних структурних елементів екотопу називають екоморфами [17, 18]. Виділяють такі основні екоморфи: ценоморфа, кліматорфа, терморморфа, геліоморфа, трофоморфа та гігроморфа.

Такий аналіз служить надійним інструментом пізнання екологічних параметрів девастрованих земель. Термін «життєва форма» щодо рослин був запропонований німецьким ботаніком Є. Вармінгом [479] і найбільш відомою залишається класифікація, що запропонована С. Раункієром та І. Г. Серебряковим [440]. Для аналізу використовували систему Раункієра, в основу якої покладено єдину ознаку – положення бруньок відновлення на рослині щодо рівня субстрату і снігового покриву. Вона характеризує пристосування рослин до холоду – взимку та посухи – влітку.

За Раункієром, життєві форми рослин можна поділити на п'ять найголовніших типів: фанерофіти (Ph), хамефіти (Ch), гемікриптофіти (ПК), криптофіти (К) і терофіти (Th) (від грец. «фанерос» – відкритий, явний; «хаме» – низький, приземкуватий; «геми» – напів-; «криптос» – прихований; «терос» – літо; «фітон» – рослина).

Крім того, класифікація Раункієра є відображенням адаптивних ознак рослин. Завдяки отриманим даним можна пізнати сучасні тенденції впливу техногенно девастрованих земель на трансформацію деревної та чараникової рослинності регіону досліджень.

За класифікацією кліматорф К. Раункієра [440], деревні рослини, що природно зростають на девастрованих землях Криворіжжя, представлені фанерофітами (98,15%) та моновидовою групою хамефітів (*Amelanchier ovalis* Medik.) – 1,85% (табл. 3.3, рис. 3.4).

Таблиця 3.3

Порівняльна характеристика кількості та трапляння екоморф на девастрованих землях Криворіжжя

Екоморфи		Ділянки											
		Петровський відвал		Девастровані землі Рудника		Жовтневий гранітний кар'єр		Карачунівський гранітний кар'єр		Коломоївський гранітний кар'єр		Візирка	
		абс. к-ть, видів	% до заг.к-ті	абс. к-ть, видів	% до заг.к-ті	абс. к-ть, видів	% до заг.к-ті	абс. к-ть, видів	% до заг.к-ті	абс. к-ть, видів	% до заг.к-ті	абс. к-ть, видів	% до заг.к-ті
Клімаморфи	Ph	28	84,9	32	88,89	27	87,1	20	86,96	23	88,46	28	90,32
	nPh	4	12,1	4	11,11	3	9,68	3	13,04	3	11,54	3	9,68
	Ch	1	3,0	0	0	1	3,22	0	0	0	0	0	0
Гігроморфи	Ks	2	6,1	0	0	1	3,23	1	4,35	1	3,85	1	3,23
	KsMs	10	30,3	10	27,78	9	29,03	7	30,43	8	30,77	8	25,8
	Ms	8	24,2	11	30,55	7	22,58	5	21,74	4	15,38	7	22,58
	MsKs	13	39,4	15	41,67	14	45,16	10	43,48	13	50	15	48,39
Трофоморфи	Og Tr	1	3,03	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3,23
	Og.-MsTr.	4	12,13	1	2,78	2	6,45	0	0	1	3,85	0	0
	Ms Tr	20	60,6	26	72,22	21	67,74	16	69,56	19	73,07	23	74,18
	Mg Tr	5	15,15										
				7	19,44	6	19,35	5	21,74	4	15,38	5	16,13
	Og-MgT.	1	3,03	1	2,78	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Alk.)-MgTr.	1	3,03	0	0	1	3,23	1	4,35	0	0	0	0
	Og.-Mg.(Alk.) T	1	3,03										
				1	2,78	1	3,23	1	4,35	1	3,85	1	3,23
	Ms.-MgTr.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3,85	1	3,23

Продовження таблиці 3.3

Геліоморфи	Sc	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	He	15	45,45	15	41,67	14	45,16	7	30,43	10	38,46	14	45,16
	ScHe	15	45,45	18	50	14	45,16	13	56,52	13	50	13	41,94
	HeSc	3	9,09	3	8,33	3	9,68	3	13,04	3	11,54	4	12,9
Ценоморфи (адаптації до біогеоценозу в цілому)	Sil	22	66,67	20	55,54	19	61,29	16	69,56	16	61,54	19	61,29
	Sil St	2	6,06	1	2,78	1	3,23	2	8,7	3	11,54	3	9,68
	St Sil	0	0	1	2,78	1	3,23	0	0	0	0	0	0
	Sil (Cul)	3	9,09	5	13,89	2	6,45	1	4,35	2	7,69	2	6,45
	(Ru.)Sil	2	6,06	3	8,33	2	6,45	2	8,7	2	7,69	2	6,45
	(Cul.) Sil	4	12,12	5	13,9	6	19,35	1	4,35	2	7,69	4	12,9
	PtrSil	0	0	1	2,78	0	0	1	4,35	1	3,85	1	3,23
Полленохори (типи запилення/перенесення гамет)	Ent	22	66,67	25	69,44	22	70,97	17	73,91	18	69,23	25	80,65
	Anph	11	33,33	11	30,56	9	29,03	6	26,09	8	30,77	6	19,35
Діаспорохори (типи дисемінації)	Anch	15	45,45	17	47,22	16	51,61	9	39,13	12	46,15	15	48,39
	Bal	1	3,03	3	8,33	2	6,45	1	4,34	2	7,69	2	6,45
	Endz	13	39,4	15	41,67	11	35,48	11	47,83	11	42,31	13	41,94
	Synz	2	6,06	1	2,78	2	6,45	2	8,7	1	3,85	1	3,22

Саме фанерофіти (особливо дерева) значною мірою забезпечують формування середовища існування для інших видів та ярусну структуру фітоценозів [164].

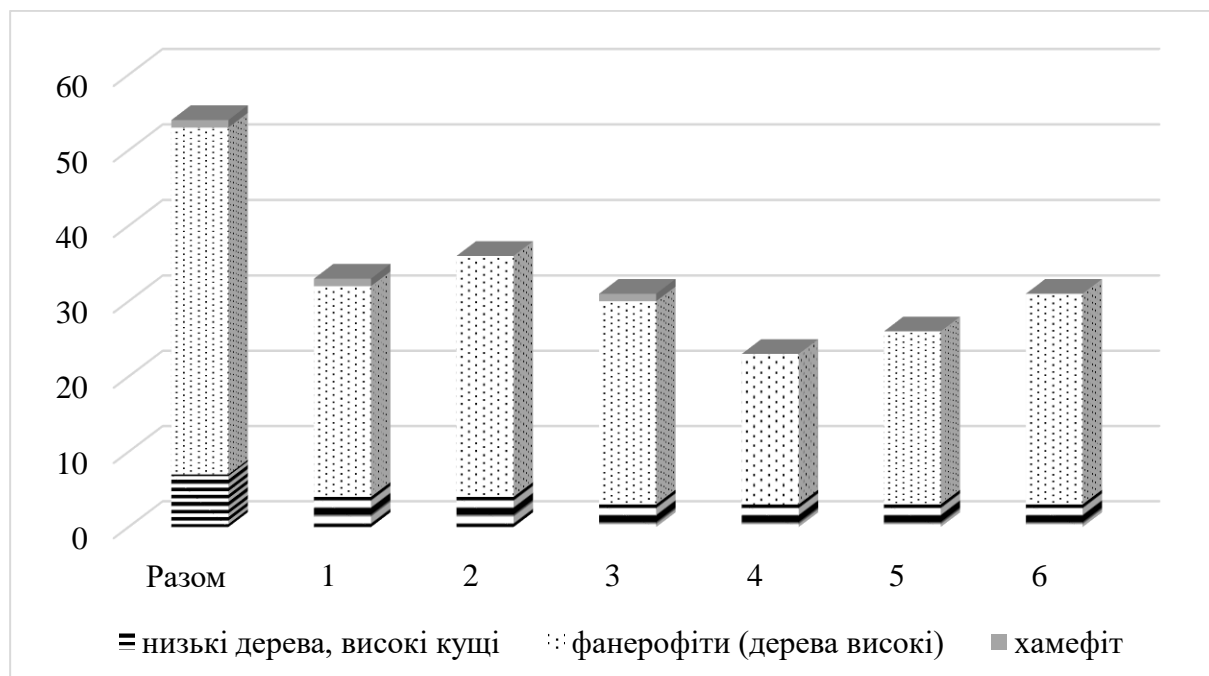


Рисунок 3.4 Аналіз клімаморф деревних та чагарникових видів рослин на дегазованих землях Криворіжжя за К. Раункієром: 1) Петровський відвал, 2) Дегазовані землі Рудника, 3) Жовтневий гранітний кар'єр, 4) Карачунівський гранітний кар'єр, 5) Коломоївський гранітний кар'єр, 6) Візирка

Склад життєвих форм деревних та чагарникових видів рослин порушених територій свідчить про високу адаптованість цих видів рослин до умов зростання. Пануюча група фанерофітів на дегазованих землях представлена кущами та деревами (*Acer negundo* L., *Betula pendula* Roth., *Cotinus coggygia* Scop., *Lonicera tatarica* L. та ін.).

Слід відзначити, що на порушених землях Рудника, в межах дослідних ділянок Карачунівського, Коломоївського гранітних кар'єрів та «Візирки» відсутні хамефіти (рис.3.4). Клімаморфічний спектр виявив кількісне переважання фанерофітів на дегазованих землях Криворіжжя.

Рослини в процесі еволюції виробили набір біоморфоструктурних і фізіологічних пристосувань, що дозволяють їм існувати в певних еколого-ценотичних умовах [316]. Встановлено, що співвідношення життєвих форм окремих фітоценозів, територій визначається її кліматичними і едафічними умовами [205, 206] та відображається, зокрема, у спектрі біоморф (за І.Г. Серебряковим).

Дослідження розподілу життєвих форм деревно-чагарникових видів на девастрованих землях показали, що в дендрофлорі в межах дослідних ділянок домінує життєва форма «дерево» (38 видів), у порівнянні з чагарниками («кущами») (16 видів). Результати аналізу екоморф подано на рис. 3.5 та табл. 3.3.

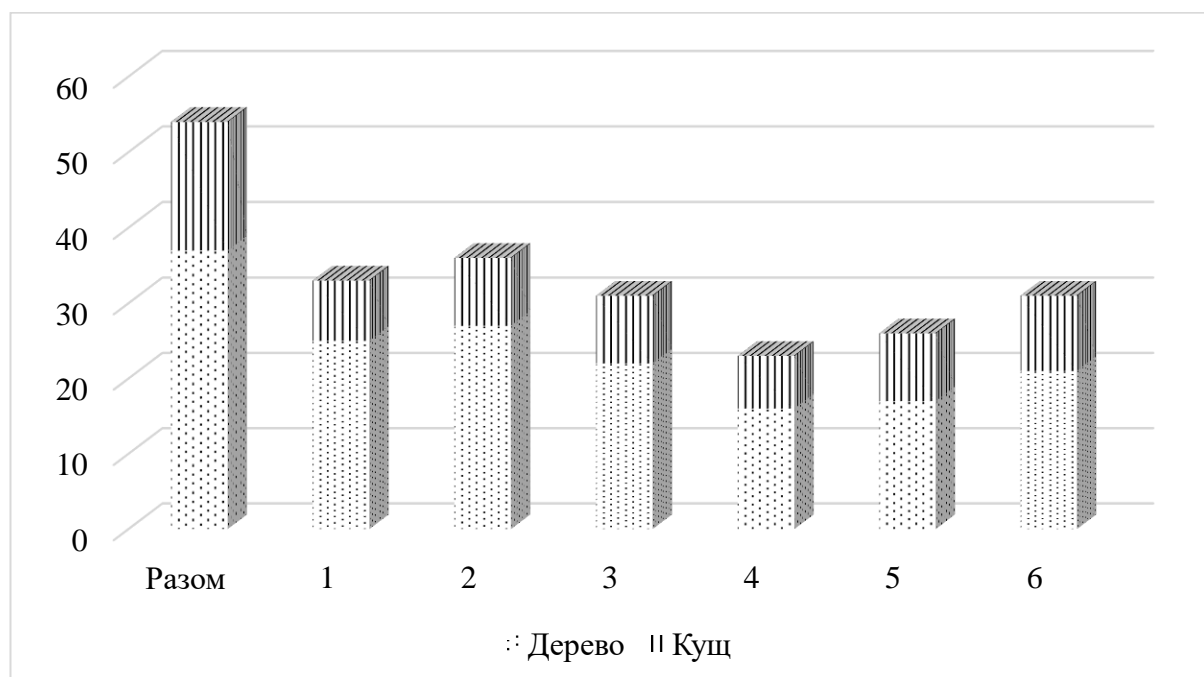


Рисунок 3.5 Аналіз життєвих форм деревних та чагарникових видів рослин на девастрованих землях Криворіжжя за І.Г. Серебряковим: 1) Петровський відвал, 2) Девастровані землі Рудника, 3) Жовтневий гранітний кар'єр, 4) Карачунівський гранітний кар'єр, 5) Коломоївський гранітний кар'єр, 6) Візирка

До кущів належать: *Syringa vulgaris* L., *Rosa canina* L., *Ligustrum vulgare* L., *Viburnum opulus* L. та інші. Одним з важливих біологічних властивостей рослини є тривалість їх вегетації, тобто тривалість знаходження рослини в зеленому,

активному стані протягом року. Дослідження показали, що в дендрофлорі девастрованих земель переважають літньозелені деревні рослини (98,15 %). Вічнозелені дерева представлені одним видом – *Pinus pallasiana* D. Don, що є безрозетковим без спеціалізованих підземних пагонів фанерофітом (1,85%).

Созологічний аналіз дендрофлори порушених земель виявив відсутність рослин, занесених до Червоної книги України. Однак виявлено види, що занесені до Офіційного переліку регіонально рідкісних рослин адміністративних територій України: *Crataegus pentagyna* Waldst. et Kit. (Червоний список Дніпропетровської області) [394]. Виявлено види, що занесені до Червоного списку Міжнародного Союзу охорони природи [395, 468]: перебуває під загрозою зникнення у світовому масштабі (EN: *Armeniaca vulgaris*), вид потребує особливої уваги, але викликають найменше занепокоєння (LC: *Juglans regia*).

Екологічна характеристика видів подана за О. Л. Бельгардом дає уявлення про участь екоморф в екологічній структурі деревних та чагарникових видів девастрованих земель Криворіжжя. Визначальним фактором росту та розвитку флори природних фітоценозів виступає характер зволоження.

Деревні та чагарникові рослини порушених територій пристосувалася до конкретного водного режиму, опираючись на вироблені в процесі еволюції специфічні адаптаційні механізми. В умовах техногенних субстратів відбувається звуження гігроморфічного спектра – зникають гігрофіти. В результаті проведених досліджень нами було виявлено чотири екогрупи гігроморф: ксерофіти, мезофіти, мезоксерофіти та ксеромезофіти.

Аналізуючи спектри гігроморф, відмічаємо панівну роль перехідних форм, а саме – найчисельнішими за кількістю є мезоксерофіти, вони складають майже 37% від загальної кількості рослин та ксеромезофіти, які налічують 31,48% (табл. 3.3, рис. 3.6). Мезофіти представлені у меншій кількості – 27,8% (від загальної кількості рослин). Частка участі ксерофітів є незначною (3,7 %), а на девастрованих землях Рудника вони взагалі відсутні.

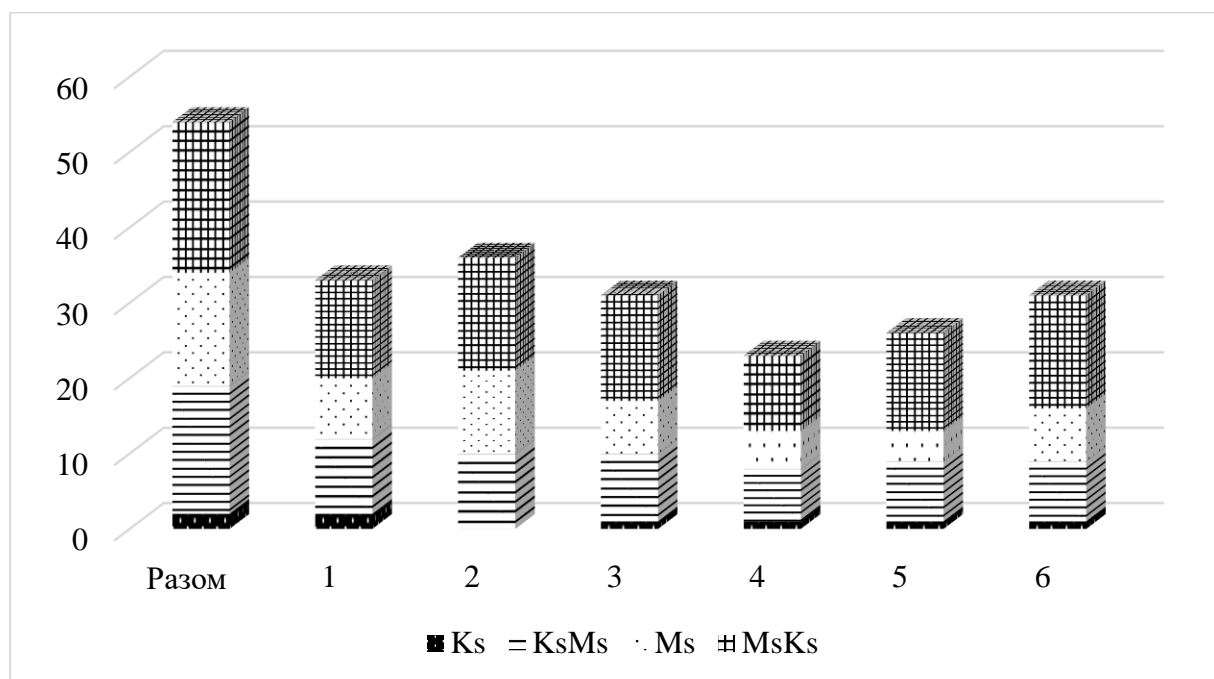


Рисунок 3.6 Аналіз гігморфічного спектру деревних та чагарникових видів рослин на девастрованих землях Криворіжжя: 1) Петровський відвал, 2) Девастровані землі Рудника, 3) Жовтневий гранітний кар'єр, 4) Карачунівський гранітний кар'єр, 5) Коломоївський гранітний кар'єр, 6) Візирка

Результати аналізу гігморф свідчать про неவிбагливість більшості рослин девастрованих земель до зволоження ґрунту. І. О. Комарова [139], аналізуючи гігморфи фіторізноманітності промислового Криворіжжя, показує, що основну масу видів складають саме перехідні форми і це відображає умови трансформованого середовища. У свою чергу Г. Шоль [312, 313] відмічає, що в екологічному спектрі флори зелених насаджень Кривого Рогу найбільше ксеромезофітів і мезоксерофітів, причому відсоток останніх помітно менший (34,5% та 22,7% відповідно).

Також слід зазначити, що серед трофоморф переважають мезотрофи (35 видів, або 64,8 % від загальної кількості видів), мегатрофи (7 видів, 13 %) та олігомезотрофи (5 видів, або 9,25%). Олігомега(алко)трофи, мезомегатрофи та алкомегатрофи представлені в рівній кількості, а саме по 1,85 % (табл. 3.3, рис. 3.7). Такі екологічні групи представлені незначною кількістю видів (2 і менше) і участь їхніх представників незначна у формуванні фітоценозу девастрованих земель.

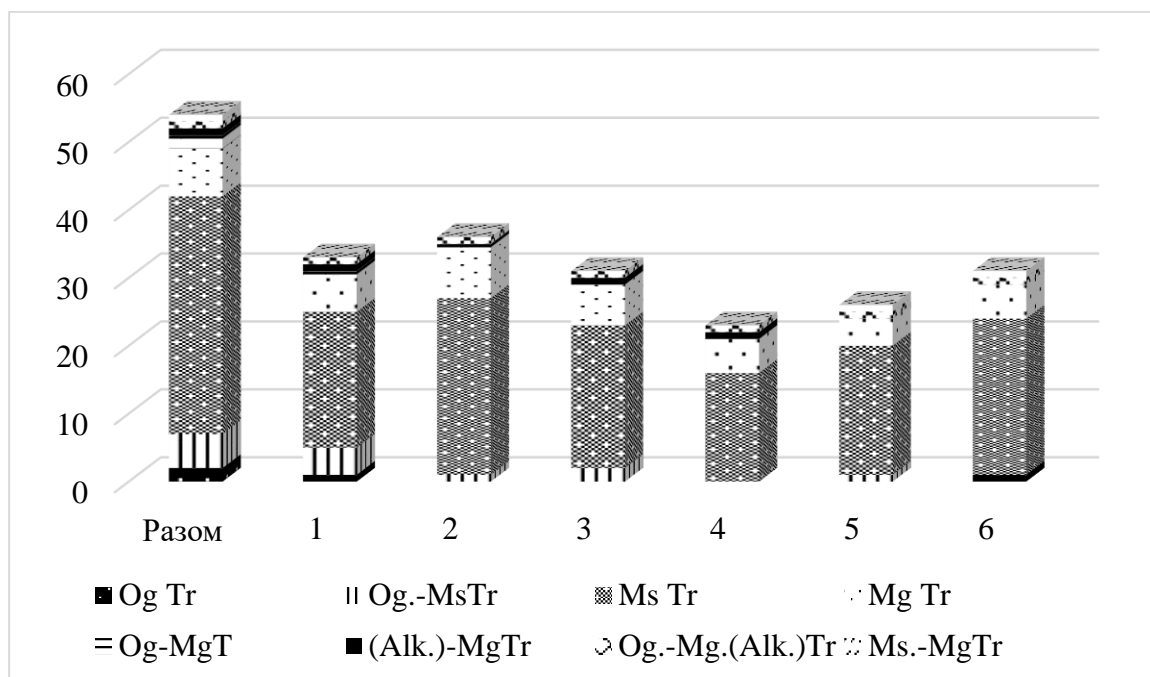


Рисунок 3.7 Аналіз трофоморфічного спектру деревних та чагарникових видів рослин на девастрованих землях Криворіжжя: 1) Петровський відвал, 2) Девастровані землі Рудника, 3) Жовтневий гранітний кар'єр, 4) Карачунівський гранітний кар'єр, 5) Коломоївський гранітний кар'єр, 6) Візирка

Як відомо, у забезпеченні життєвих функцій рослин важливу роль відіграє світловий режим, який обумовлює процеси фотосинтезу та впливає на метаболізм, а також виступає визначальним фактором морфогенезу рослин [205]. Проаналізувавши ставлення деревно-чагарникових видів девастрованих земель Криворіжжя до умов освітленості, нами виділено три групи геліоморф: геліофіти, сціогеліофіти та геліосціофіти.

Аналіз геліоморфічних спектрів виявив переважання геліофітів та сціогеліофітів – кожна екогрупа складає по 46,3%. Геліосціофіти займають третю позицію та представлені незначною кількістю – 7,41%. Наявність перехідних форм свідчить про часткову вимогу до освітлення. Розподіл геліоморф деревно-чагарникових рослин девастрованих земель Криворіжжя наведено в табл. 3.3 та рис. 3.8.

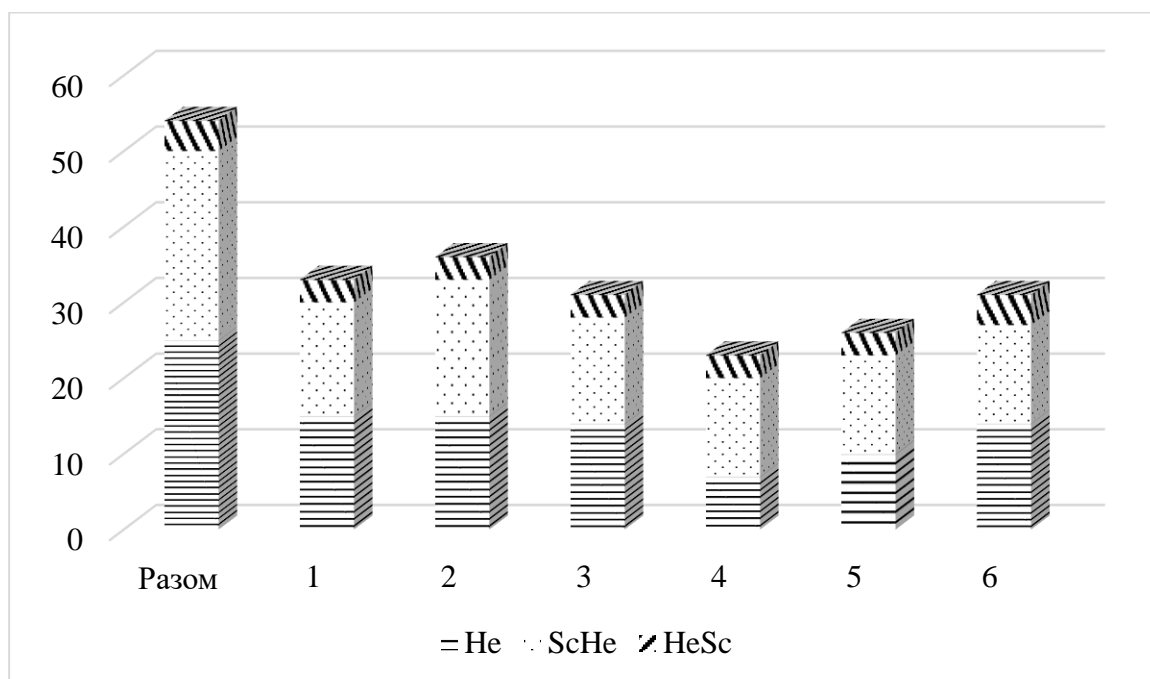


Рисунок 3.8 Аналіз геліоморфічного спектру деревних та чагарникових видів рослин на девастрованих землях Криворіжжя: 1) Петровський відвал, 2) Девастровані землі Рудника, 3) Жовтневий гранітний кар'єр, 4) Карачунівський гранітний кар'єр, 5) Коломоївський гранітний кар'єр, 6) Візирка

Слід зазначити, що на всіх дослідних ділянках відсутні сціофіти, рослини, які розвиваються в умовах недостатнього освітлення (потребують 1/3 і менше від повного освітлення) й не переносять яскравого світла. Е.О. Євтушенко та Ю. В. Белик [30] у складі рослинних угруповань техногенних екотопів Рудника також виявили повну відсутність сціофітів та перевагу сціогеліофітів (більше 50% від загального числа видів флористичного списку).

Порівняльний аналіз ценоморфічної структури деревно-чагарникових рослин девастрованих земель виявив сім екогруп ценоморф (табл.3.3, рис.3.9). Частка участі сільвантів складає 55,5% від загального числа видів, інші групи представлені меншим відсотком, що пов'язано зі значною трансформацією рослинного покриву досліджуваної території. Група SilCul складає 14,8%, CulSil – 12,96%, SilSt – 7,4%, а PtrSil, StSil по 1,85% відповідно.

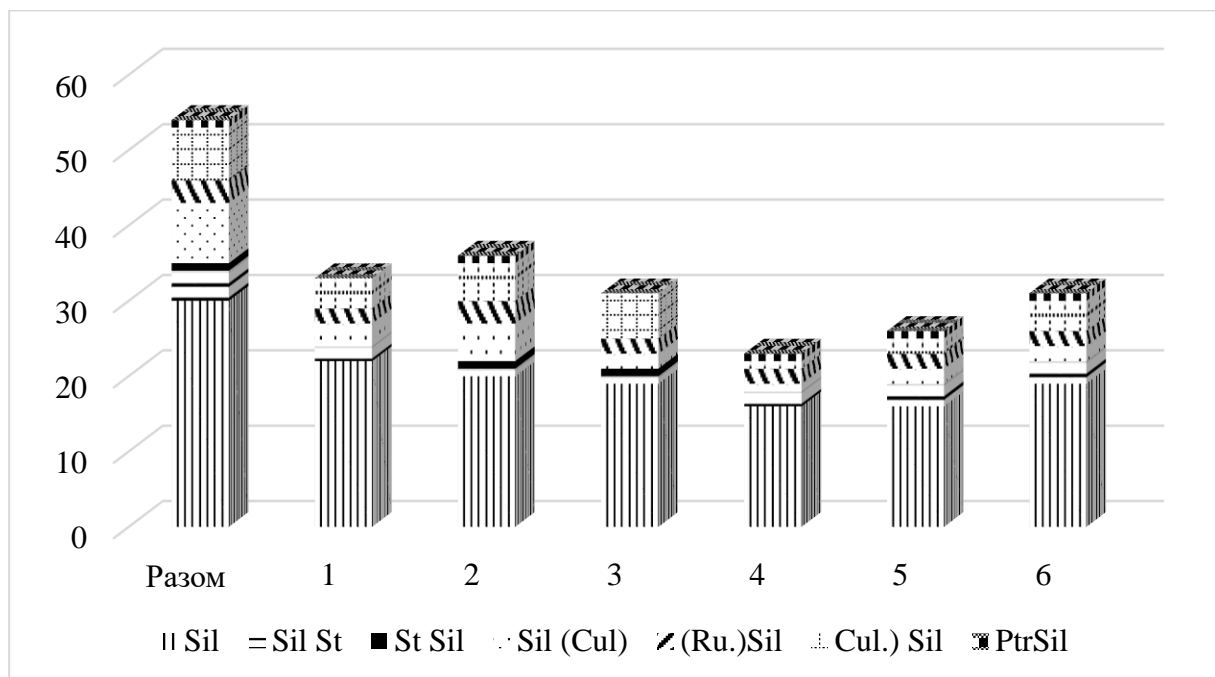


Рисунок 3.9 Аналіз ценологічного спектру деревних та чагарникових видів рослин на девастрованих землях Криворіжжя: 1) Петровський відвал, 2) Девастровані землі Рудника, 3) Жовтневий гранітний кар'єр, 4) Карачунівський гранітний кар'єр, 5) Коломоївський гранітний кар'єр, 6) Візирка

Дослідивши склад та структуру найбільш чутливого компоненту біогеоценозу, яким є фітоценоз, можна виявити закономірності та ступінь антропогенної трансформації рослинності девастрованих земель Криворіжжя.

Слід зазначити, що забруднення ґрунту на полленохоричну структуру угруповань не впливає. У спектрах полленохор переважають ентомофільні деревні та чагарникові види, що природно поширені на девастрованих землях Криворіжжя, частка участі яких складає – 74,07%. Дещо менші показники демонструє анемофілія (25,93%) (рис. 3.10).

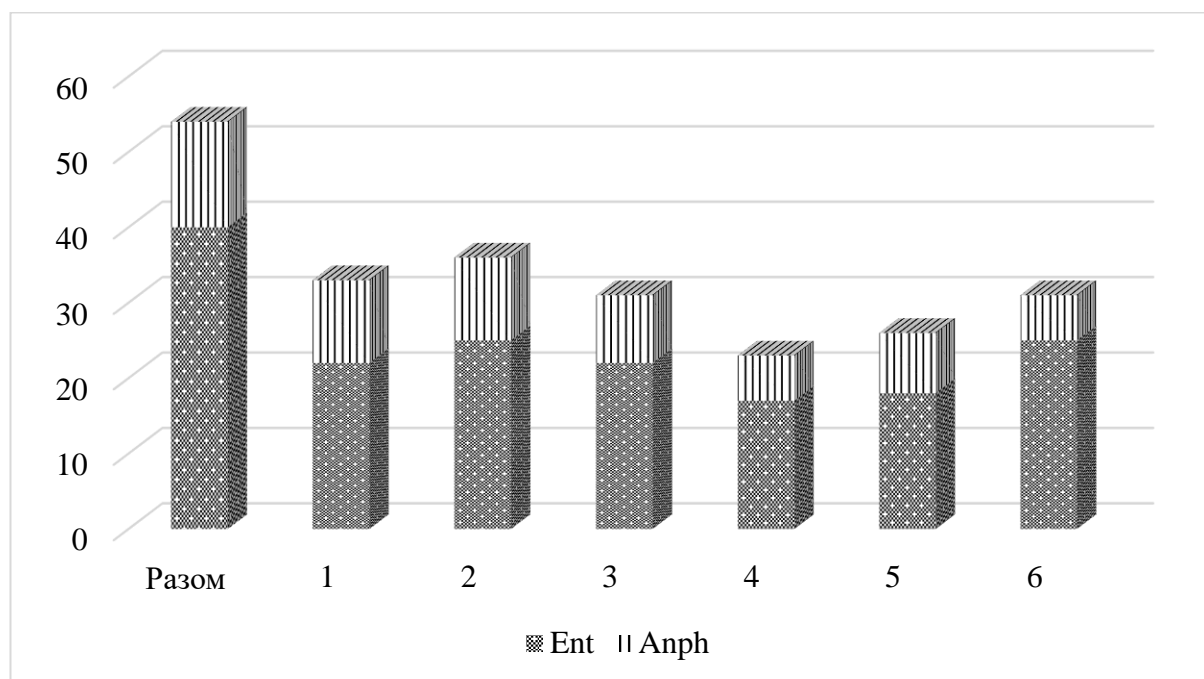


Рисунок 3.10 Аналіз полленохоричного спектру деревних та чагарникових видів рослин на девастрованих землях Криворіжжя: 1) Петровський відвал, 2) Девастровані землі Рудника, 3) Жовтневий гранітний кар'єр, 4) Карачунівський гранітний кар'єр, 5) Коломоївський гранітний кар'єр, 6) Візирка

Проведений аналіз дозволив встановити (табл. 3.3 та рис. 3.11), що анемохорія переважає в деревно-чагарникових рослинних угрупованнях девастрованих земель Криворіжжя та складає 46,41% (від загальної кількості видів). Частка участі ендозоохорів становить – 42,6%. Види-баллісти займають третю позицію в спектрах діаспорохор – 7,3% (їх діаспори розкидаються пружними плодоніжками при поштовхах).

Види синзоохори (рознесення насіння тваринами при запасанні корму, будівництві гнізд та ін.), представлені найменшою кількістю – 3,7% (від загальної кількості видів). Різноманітні шляхи поширення насіння призводять до формування значного потенціалу ецезису деревно-чагарникових видів в межах та за межами девастрованих земель.

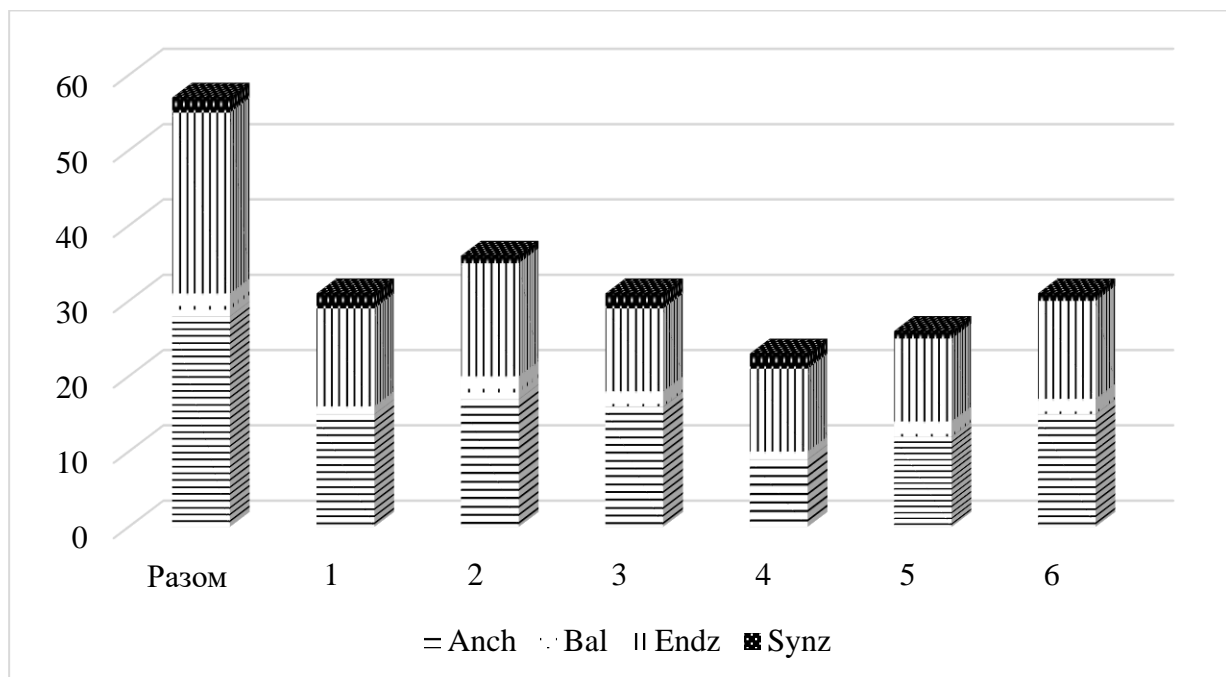


Рисунок 3.11 Аналіз спектру діаспорохор деревних та чагарникових видів рослин на девастрованих землях Криворіжжя: 1) Петровський відвал, 2) Девастровані землі Рудника, 3) Жовтневий гранітний кар'єр, 4) Карачунівський гранітний кар'єр, 5) Коломоївський гранітний кар'єр, 6) Візирка

Отже, серед екоморф у складі фітоценозів дослідних ділянок за вимогливістю до водозабезпечення домінують мезоксерофіти, також переважають рослини частково вимогливі до світла, а за трофністю максимальна кількість видів входить до групи мезотрофів. За кліматоморфою серед деревно-чагарникових видів найбільше сільвантів.

Аналіз біоморфологічних ознак деревно-чагарникових видів рослин девастрованих земель Криворіжжя дозволив встановити їхню адаптованість до широкого спектру еколого-ценотичних умов техногенно порушених територій. Основними біоморфологічними адаптаціями деревних та чагарникових рослин є: переважання перехідних форм гігморф у складі рослинних угруповань, що свідчить про пристосованість рослин, активне насіннєве поновлення та ін.

3.3. Життєвість деревостану природних угруповань

Використання методики В.А. Алексєєва [5], заснованої на характеристиці крони, ступеня пошкодження гілок та листя, дає змогу оцінити не тільки кумулятивні прояви стану різних особин, що конкурують за життєвий простір і багатство факторів середовища (світло, вологу, поживні речовини ґрунту), а й ознаки ослаблення дерев, пошкоджених якимись новітніми стресовими явищами [326], в нашому випадку це несприятливі умови техногенно порушених земель. Згідно цієї шкали, усі деревні та чагарникові рослини можна поділити на 5 категорій: «здорове», «ослаблене», «сильно ослаблене», «відмирає», «сухе».

За літературними даними [133, 248] досліджено стан лісових фітоценозів у зоні сприятливих екологічних умов. Як відомо, контрольні ділянки віддалені від промислових підприємств та знаходяться у Гурівському лісі (Долинський район, Кіровоградська обл.). Гурівський ліс включає екземпляри деревних насаджень, віком до 120 років, а його площа становить приблизно 650 га.

За даними В. М. Савосько [248, 249], лісові фітоценози Гурівського лісництва знаходяться поза впливом атмосферних забруднювачів, можуть бути віднесені до зони сприятливих екологічних умов. Домінуючою породою є дуб звичайний (*Quercus robur* L.). Результати досліджень свідчать [133], що сучасний життєвий стан дерев першого, другого і третього ярусів природного фітоценозу Гурівського лісу оцінюється виключно як «Здоровий» – 86 умовних балів (у.б.) за шкалою В.А. Алексєєва.

Для росту і розвитку дерев важливе значення мають розміри їх крон, стан листя та гілок, завдяки такому асиміляційному апарату дерев, відбувається більшість фізіологічних процесів, що забезпечують життєдіяльність рослин.

Встановлено, що перший ярус складають – *Acer negundo* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Armeniaca vulgaris* Lam. Другий ярус сформованого в основному з молодих насаджень – *Juglans regia* L., *Ulmus pumila* L. Також зустрічаються поодинокі екземпляри чагарників – *Rosa canina* L., *Swida sanguinea* L., *Cotinus coggygria* Scop.

Проаналізувавши сучасний стан деревно-чагарникових видів на окремих ділянках встановили, що переважна кількість дерев належать до категорій «ослаблені» та «сильно ослаблені» (49,44 % від загальної кількості рослин). І лише 39,3 % дерев оцінюються як «здорові». Кількість дерев та чагарників з життєвим станом «відмирає» та «сухе» є мінімальною – 5,9 та 5,3% відповідно. Відносний стан рослин девастрованих земель в умовах значного техногенного навантаження варіює від «здорових» до «сухих». Оцінка життєвого стану окремих дерев та чагарників в межах дослідних ділянок наведена в таблиці 3.4 та на рис. 3.12.

Таблиця 3.4

**Оцінка відносного життєвого стану окремих деревно-чагарникових рослин
девастрованих земель Криворіжжя**

Дослідні ділянки	Розподіл дерев за категоріями ВЖС (%)					Індекс ВЖС та категорія стану деревостану, %
	здорові	ослаблене	сильно ослаблене	відмирає	сухе	
Петровський відвал	39,52	32,86	14,76	6,19	6,67	67,78 +2,02 ослаблений
Девастровані землі Рудника	39,52	42,87	7,18	7,16	3,27	69,76+1,27 ослаблений
Жовтневий гранітний кар'єр	37,12	41,47	12,37	4,68	4,35	71,49+1,54 ослаблений
Карачунівський гранітний кар'єр	40,27	32,13	16,74	5,88	4,98	70,76+2,07 ослаблений
Коломоївський гранітний кар'єр	38,35	31,86	15,87	7,19	6,73	68,78 +1,32 ослаблений
Візирка	41,11	37,12	11,37	4,33	6,07	72,49+2,01 ослаблений

Також слід зазначити, що в межах дослідних ділянок найкращий життєвий стан мають наступні види: клен ясенелистий (*Acer negundo*), шипшина собача (*Rosa canina*), робінія псевдоакація (*Robinia pseudoacacia*), абрикос звичайний (*Armeniaca vulgaris*), горіх волоський (*Juglans regia*), в'яз карликовий/низький (*Ulmus pumila*) та в'яз гладкий (*Ulmus laevis*).

Основними пошкодженнями, виявленими у дерев порушених територій є: тріщини, нарости на стовбурах, гнилі стовбурів та трутові гриби, шкідники та механічні пошкодження.

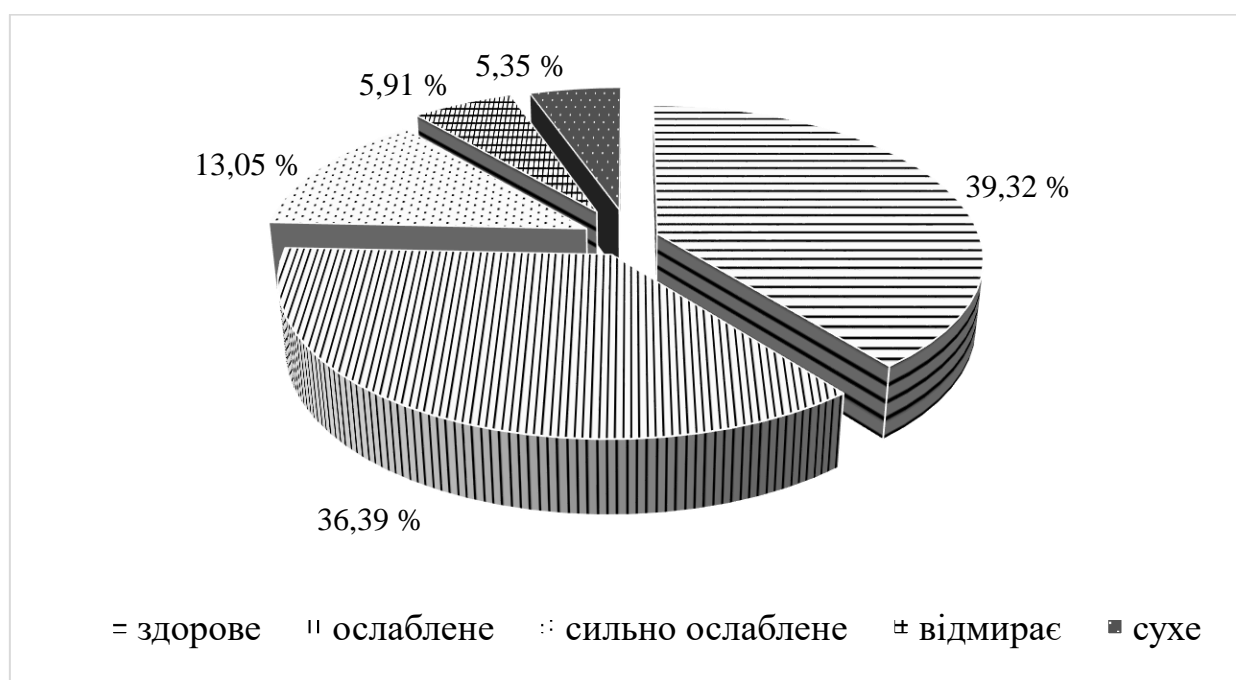


Рис. 3.12 Оцінка відносного життєвого стану деревостану девастрованих земель Криворіжжя за шкалою категорій життєвого стану В. А. Алексєєва

В більшості досліджень, життєвість деревостану природних та штучних угруповань оцінюється за чисельністю дерев. На нашу думку, це пов'язано з певними зручностями проведення розрахунків. Свого часу, В. А. Алексєєв [5] для оцінювання життєвості деревостану також пропонував використовувати показники об'єму стовбурової деревини. Проте цей метод практично не використовується, адже потребує проведення більш складних розрахунків.

У нашому дослідженні ми оцінювали життєвість дендрофітоценозів природно поширених на девастрованих землях Петровського залізорудного відвалу за трьома показниками:

- за чисельністю дерев;
- за об'ємом стовбурової деревини;
- за сумою площ поперечних перерізів.

Використані нами різні показники для оцінки життєвого стану деревних рослин, дозволяють розширити методичну основу прижиттєвої діагностики життєвості дендрофітоценозів на техногенно девастрованих землях.

Встановлено, показники життєвості дендрофітоценозів природно поширених на девастрованих землях Криворіжжя на 19–22 % нижчі за контрольні значення та коливаються в межах від 60 у.б. до 73 у.б., при середньому значенні 70 у.б.

Доведено, що всі три методи розрахунків показників життєвості вказують на ослаблений стан деревостанів деревних угруповань природно поширених на девастрованих землях. При цьому мінімальні чисельні значення життєвості були виявлені у дерев, які зростають в межах Петровського відвалу, Коломоївського гранітного кар'єру та на території Рудника ім. Ф. Держинського. За такої умови найвищі показники відносного життєвого стану зафіксовано на девастрованих землях Карачунівського гранітного кар'єру, Жовтневого гранітного кар'єру та Візирки (табл. 3.5).

Таблиця 3.5

Життєвий стан деревостану девастрованих земель Криворіжжя

Параметри рослин	Дослідні ділянки					
	Петровский відвал	Девастровані землі Руника	Жовтневий гранітний кар'єр	Карачунівський гранітний кар'єр	Коломоївський гранітний кар'єр	Візирка
	M + m	M + m	M + m	M + m	M + m	M + m
	V, %	V, %	V, %	V, %	V, %	V, %
За чисельністю дерев						
Крона	68,25 + 1,44	67,00 + 1,54	70,31 + 1,71	71,83 + 1,18	70,01 + 1,53	70,00 + 1,54
	12,22	13,08	14,90	16,09	13,01	13,08
Листя	66,22 + 1,11	72,75 + 1,92	72,42 + 1,55	68,41 + 1,07	67,78 + 1,01	75,75 + 1,92
	11,90	15,00	12,02	15,77	12,90	15,11
Гілки	63,34 + 1,31	64,34 + 1,89	72,42 + 1,23	74,39 + 1,79	69,78 + 1,48	69,34 + 1,89
	14,07	15,06	11,51	18,52	12,88	15,36
Разом	67,78 + 1,56	69,77 + 1,99	71,49 + 1,74	70,76 + 1,55	68,78 + 1,09	72,49 + 2,01
	18,01	14,09	14,06	16,90	11,99	15,03
За об'ємом стовбурової деревини						
Крона	72,05 + 2,90	66,61 + 3,22	60,37 + 3,07	67,13 + 4,1	69,07 + 2,88	61,61 + 3,22
	23,01	28,75	29,90	32,07	25,99	28,60
Листя	68,60 + 2,22	73,14 + 3,95	62,81 + 3,38	65,96 + 4,31	67,57 + 2,73	69,14 + 3,91
	21,09	29,00	30,05	31,90	26,03	29,00
Гілки	61,89 + 1,83	74,78 + 3,28	62,35 + 4,50	70,67 + 4,99	69,00 + 2,59	68,78 + 3,23
	22,10	28,77	31,80	32,05	26,70	28,77
Разом	69,14 + 2,02	72,73 + 3,24	66,94 + 3,90	68,37 + 4,38	67,55 + 2,67	66,03 + 3,21
	24,01	27,80	28,90	32,50	24,79	27,55

Продовження таблиці 3.5

За сумою площ поперечних перерізів						
Крона	69,19 + 4,41	61,37 + 2,22	59,43 + 2,11	65,49 + 1,99	63,84 + 4,55	67,37 + 2,23
	29,02	28,01	30,39	28,03	31,00	28,22
Листя	65,74 + 3,88	71,78 + 2,99	62,26 + 2,92	64,42 + 1,82	62,14 + 4,11	74,78 + 2,99
	30,92	27,07	31,01	27,85	30,99	27,07
Гілки	63,94 + 3,11	72,40 + 3,10	64,40 + 2,99	75,90 + 2,01	65,80 + 4,33	75,40 + 3,13
	28,90	28,05	31,50	29,07	31,04	28,05
Разом	67,01 + 3,90	69,90 + 2,81	65,29 + 3,01	67,07 + 1,55	67,97 + 2,98	72,61 + 2,82
	30,79	29,90	32,00	27,90	30,01	29,83

Примітки: М – середня арифметична, m – абсолютна похибка середньої арифметичної, V, % – коефіцієнт варіації

Ключовим діагностичним критерієм, який слугує для оцінки життєвого стану окремого дерева є ступінь розвитку крони та відсоток пошкодження листків [6]. За результатами наших досліджень, найнижчі показники життєвості характерні для крони (67–73 у.б.) та листя (64–75 у.б.), а найвищі – для гілок (64–77 у.б.). Всі зазначені чисельні значення вказують на їх ослаблений стан. Також слід зазначити, що показники компонентів деревостанів угруповань природно сформованих на девастрованих землях Криворіжжя, нижчі за контроль: на 10–12 % (гілки), на 19–22 % (листя) та на 20–23 % (крона). Загалом, за отриманими чисельними значеннями методи розрахунків упорядковуються наступним чином: за чисельністю дерев > за об'ємом стовбурової деревини > за сумою площ поперечних перерізів.

Найменші показники життєвості за станом крони, листя та гілок демонструють деревні рослини в межах Петровського відвалу, Коломоївського гранітного кар'єру та на території Рудника ім. Ф. Держинського. Найкращий життєвий стан мають деревні угруповання Карачунівського гранітного кар'єру, Жовтневого гранітного кар'єру та Візирки, які характеризується густим трав'янистим покривом, в межах шостої ділянки зустрічаються значні за площею асоціації гідрофітів (очерет звичайний – *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud).

Отже, на основі всебічного аналізу і синтезу наявних (у тому числі нещодавно опублікованих) даних [35], констатуємо «ослаблений» життєвий стан дендрофітоценозів девастрованих земель Криворіжжя відвалу за показниками кількості стовбурів ($70,18 \pm 1,28$ умовних балів) і запасів стовбурної деревини ($68,46 \pm 3,43$ умовних балів) та суми площ поперечних перерізів ($68,39 \pm 2,98$ умовних балів) (табл. 3.5). Середні значення достовірні при $P < 0,05$. Отримані результати вказують на відсутність сприятливих умов для росту рослин.

3.4. Дендрометричні показники деревних рослин природних угруповань

Досконалий опис стану угруповань рослин вимагає проведення оцінки інтенсивності росту деревних рослин, тому використовуються наступні біометричні показники, зокрема середня висота, діаметр, запас стовбурної деревини та сума площ поперечних перерізів [36, 210,213].

Виходячи з того, що середній діаметр стовбура на рівні 1,3 м є важливим дендрометричним параметром, визначали середні показники в межах всіх дослідних ділянок та виявили наступні закономірності (табл. 3.6). Встановлено, що деревна рослинність ландшафтного заказника Візирка, Петровського відвалу та групи гранітних кар'єрів має найбільш солідні числові значення діаметру стовбура – від 9,4 до 12,7 см. На території девастрованих земель Рудника показники середнього діаметру стабільно залишаються найнижчими – 8,4 см, що пояснюється великою кількістю порослі та молодих дерев.

Запас стовбурної деревини на 1 га слугує прямим показником продуктивності деревостану і є функцією трьох змінних: суми площ поперечних перерізів, середньої висоти й видового числа деревостану.

Проведені дослідження показують, що запас і загальна продуктивність природних деревостанів на різних ділянках девастрованих земель дещо відрізняється. Загалом, екологічні умови техногенно порушених територій зумовлюють зменшення запасу стовбурової деревини та суми поперечних перерізів деревостану, порівняно з контрольними показниками. Отримані числові значення цих параметрів на 55–73 % нижчі, ніж лісових культурфітоценозів у Криворізькому регіоні [133]. Дослідні ділянки за кількісними показниками запасу стовбурової деревини також можуть бути упорядковані наступним чином $II < IV < III < V < VI < I$.

Таблиця 3.6

Біометричні параметри дерев, що природно поширені на девастрованих земель Криворіжжя

Біометричні параметри	К [133]	Дослідні ділянки																	
		Петровський відвал			Девастровані землі Рудника			Жовтневий гранітний кар'єр			Карачунівський гранітний кар'єр			Коломоївський гранітний кар'єр			Візирка		
		М	m	V,%	М	m	V,%	М	m	V,%	М	m	V,%	М	m	V,%	М	m	V,%
Густота деревостану, шт./га	1200	232	17	16,8 3	524	48	20,6 2	457	10	4,83	430	12	4,55	530	33	28,6 2	421	11	10,5
Середня висота, м	18	4,6	0,5 3	25,7 8	4,9	0,1 9	8,42	4,02	0,2 8	15,7 8	4,32	0,1 1	11,7 8	4,9	0,2 1	8,45	4,8	0,3 1	11,4 0
Середній діаметр, см	20	9,6	1,2 2	28,5 6	8,4	0,7 5	19,9 2	8,7	0,7 5	19,1 8	8,5	0,3 1	20,1 8	8,5	0,4 7	18,9 8	12,7	0,5	13,5 3
Запас стовбурної деревини, м3/га	53	11,1 7	1,9 9	33,8 0	4,05	0,4 8	26,6 4	4,78	0,8 9	31,5 2	4,55	0,6 6	33,5 1	4,85	0,4 1	28,6 4	10,3 0	1,2 1	26,9 5
Сума площ поперечних перерізів, м2/га	46	2,44	0,3 8	34,5 1	14,2 5	1,8 3	25,0 9	16,2 1	4,3 2	29,6	17,0 9	4,8 8	30,6	14,9 9	1,2 2	26,0 9	6,83	0,5 1	27,3 3

Примітки: М – середнє арифметичне, m – абсолютна похибка, V% – коефіцієнт варіації, К – контроль

Сума площ поперечних перерізів на 1 га зростає із збільшенням густоти стояння стовбурів на деяких ділянках (ділянка II та V), тоді як на ділянках I та VI, відзначаємо зменшення цього показника (рис. 3.13). Відмінності, що спостерігаються у молодняках і стиглих деревостанах, характеризують специфіку деревно-чагарникових рослинних угруповань на дегазованих землях. Аналіз отриманих результатів показав, що сума площ поперечних перерізів на третій та четвертій ділянці має найбільш виразні показники за рахунок наявності більш зрілих дерев.

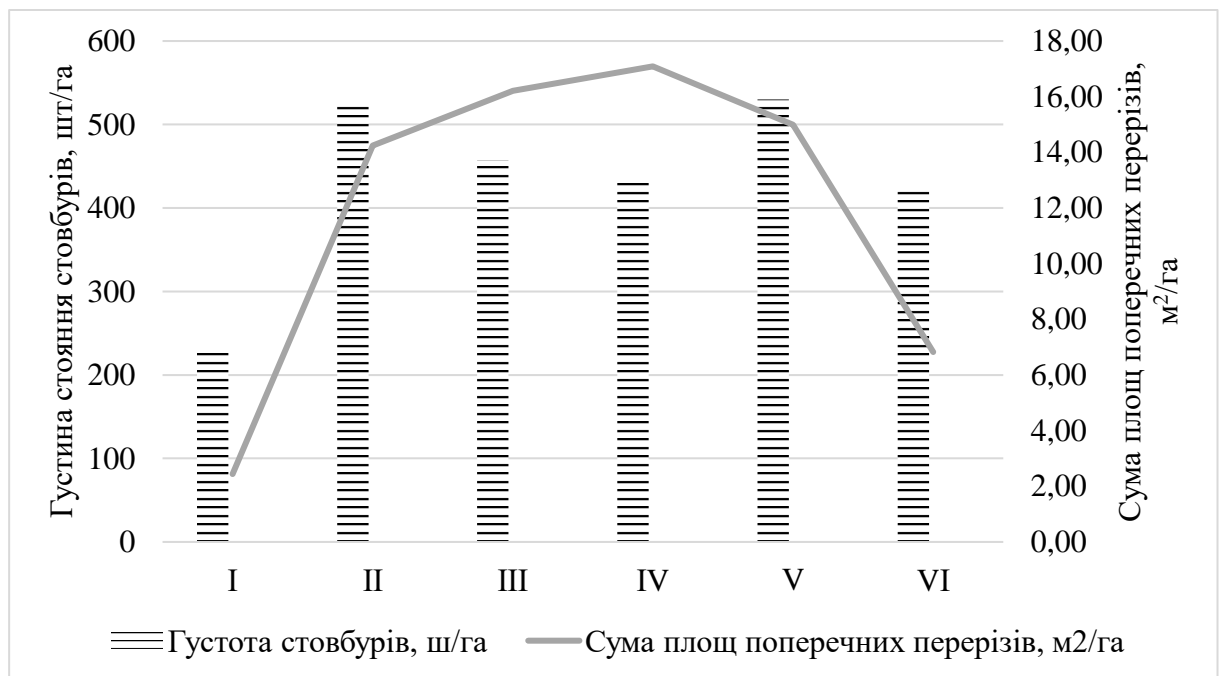


Рис. 3.13 Сума площ поперечних перерізів (м²/га) деревно-чагарникових угруповань на дегазованих землях Криворіжжя відповідно до густини стояння стовбурів (шт/га)

Отримані аналітичні матеріали дають змогу зробити такі розрахункові узагальнення: густота деревостану дегазованих земель Криворіжжя становить 232–530 шт/га, висота – від 4,2 до 4,9 м, діаметр 8,5–12,5 см, запас стовбурної деревини – від 4,05 до 11,17 м³/га й сума площ поперечних перерізів 2,4–16,2 м²/га.

Отже, результати досліджень показали суттєвий негативний вплив складних екологічних умов девастрованих земель на біометричні параметри дерев, що супроводжується їхнім зменшенням та нестабільною динамікою. Виявлено, що на всіх дослідних ділянках, які характеризуються високим рівнем забруднення, біометричні параметри дерев є достовірно нижчими порівняно з рослинами, що зростають в умовно чистій зоні: показники висоти дерев зменшуються до 28,8%, діаметр стовбура – до 30,1%, а площа поперечних перерізів та запас стовбурної деревини – до 55,9% та 67,4% відповідно.

Висновки до розділу 3

1. Проаналізовано, узагальнено всі доступні джерела інформації та результати власних досліджень, що дозволило сформулювати бачення потенційних масштабів екологічних впливів, що мають місце на території девастрованих земель Криворіжжя. У складі рослинних угруповань, природно поширених на девастрованих землях Криворіжжя виявлено 54 види деревно-чагарникових рослин, які належать до 34 родів та 18 родин. Серед них за кількісними показниками значну перевагу мають алохтонні види (61,11%) порівняно з автохтонними (38,98%). У таксономічних спектрах деревно-чагарникових рослин девастрованих земель панівне положення займають родини: розові (Rosaceae Juss.), вербові (Salicaceae Mirb.), кленові (Aceraceae Juss.) та в'язові (Ulmaceae Mirb.). Для рослинних угруповань девастрованих земель Криворіжжя характерна значна варіабельність кількості таксонів та видів.

2. Побудовані спектри таксонів біо- та екоморф є унікальними. Найчисельнішими екоморфами є сільванти, фанерофіти, мезоксерофіти, геліофіти і мезотрофи. Аналіз полленохоричного спектру деревних та чагарникових видів рослин на девастрованих землях Криворіжжя показав, що переважаючим способом діаспорохорії є аллохорія. Отримані результати демонструють адаптованість рослинних угруповань до широкого спектру еколого-ценотичних умов порушених територій.

3. За шкалою В. А. Алексєєва (1989) встановлено, що на девастрованих землях Криворіжжя відносний життєвий стан флори дендрофітоценозів оцінено як «ослаблений»: за показниками кількості стовбурів ($70,18 \pm 1,28$ умовних балів) і запасів стовбурної деревини ($68,46 \pm 3,43$ умовних балів) та суми площ поперечних перерізів ($68,39 \pm 2,98$ умовних балів).

4. З'ясовано, що з погіршенням умов навколишнього середовища суттєво зменшуються біометричні показники дерев: висота дерев зменшуються до 28,8%, діаметр стовбура – до 30,1%, а площа поперечних перерізів та запас стовбурної деревини – до 55,9% та 67,4% відповідно, порівняно з контрольними значеннями.

Матеріали розділу висвітлені у публікаціях:

1. Бєлик Ю.В., Савосько В.М., Лихолат Ю.В. Оцінка життєвого стану деревних видів рослин природно поширених на девастрованих землях залізорудного відвалу. *Охорона біорізноманіття та історико-культурної спадщини у ботанічних садах та дендропарках*: матеріали міжнародної наукової конференції присвяченої 225-річниці заснування Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України (28–30 вересня 2021 р., Умань). Умань, 2021. С. 24–29.

2. Бєлик Ю.В., Євтушенко Е.О. Таксономічний склад деревно-чагарникових угруповань техноекотопів Кривбасу. *Екологічний вісник Криворіжжя*. 2018. Вип. 3. С. 36–39.

3. Savosko, V., Lykholat, Y., Bielyk, Y., & Lykholat, T. Ecological and geological determination of the initial pedogenesis on devastated lands in the Kryvyi Rih Iron Mining & Metallurgical District (Ukraine). *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. 2019. Vol. 28, N. 4. P. 738–746. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.15421/111969>.

4. Савосько В. М., Лихолат Ю. В., Белик Ю. В., Григорюк І. П. Апофітні та адвентивні деревні види на девастрованих землях гранітних кар'єрів Криворіжжя. *Біоресурси і природокористування*. 2019. №11(1–2). С. 14–25. DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/bio2019.01.002>

РОЗДІЛ 4

ЕКОЛОГО-ФІЗІОЛОГІЧНІ ТА ЕКОЛОГО-БІОГЕОХІМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЕРЕВНИХ ВИДІВ РОСЛИН, ПРИРОДНО ПОШИРЕНИХ НА ТЕХНОГЕННО ДЕВАСТОВАНИХ ЗЕМЛЯХ КРИВОРІЗЖЯ

4.1. Флуктуюча асиметрія листової пластини берези повислої

Еволюційно склалося так, що листя як органи рослин чутливі до змін навколишнього середовища та можуть проявляти фенотипову пластичність у своїй фізіології, морфології та розвитку у відповідь на абіотичний і біотичний стрес, що було виявлено в багатьох дослідженнях [255, 290, 315, 320]. Для листової пластинки деревно-чагарникових рослин характерна білатерально-симетрична будова, вони мають виражену симетрію або незначні відхилення від неї, за умови зростання у сприятливих умовах середовища та є маркером стабільного гомеостазу [261, 308].

Флуктуюча асиметрія (ФА) являє собою невеликі випадкові варіації ознак, імовірно з двосторонньою симетрією, і широко використовується в якості інструменту для виміру нестабільності розвитку у рослин і тварин. Оскільки ФА – це швидка, проста і надійна міра, вона часто використовується для моніторингу рівнів екологічного стресу, адже погіршення умов росту та розвитку рослин призводить до появи відхилень, які можна зафіксувати проаналізувавши показники флуктуючої асиметрії [115, 213, 466].

Гradient стресових умов впливає на фізіологічні та морфологічні ознаки рослин, рівень ФА залежить від сили впливу фактора, чим більше коефіцієнт впливу, тим більше відхилення показника ФА від норми [142]. Техногенне навантаження та несприятливі кліматичні умови степової зони впливають на відповідні реакції рослин, їх механізми стійкості, порушується будова структурних елементів рослин, відбувається відхилення від білатеральної симетрії їх

морфологічних одиниць зліва і справа від центральної жилки [49, 211, 293, 402, 417].

Для кількісного вираження рівня флуктуючої асиметрії розроблена шкала відхилення від норми, що характеризує рівень забруднення території на основі показника ФА, де 1 бал – «умовна норма», а 5 – «критичний стан» (методика В. М. Захарова та ін. 2000) [115].

Для проведення аналізу було використано гербаризований матеріал у кількості 55 екземплярів листя дерев *Betula pendula* Roth на 5 дослідних ділянках Петровського відвалу, який за генезисом та складом гірських порід є модельним для Криворізького залізорудного регіону (та 1 контрольній ділянці – Гурівський ліс). Вимірювання основних параметрів та аналіз результатів показав, що п'ять ознак мають різну чутливість складних умов девастрованих земель.

Статистичну обробку промірів листових пластинок здійснювали за такими показниками як середнє арифметичне значення кожної ознаки зліва і справа для всіх вибірок (x); розмах варіації ($x_{\max} - x_{\min}$); дисперсія; середнє стандартне відхилення [108]. Коефіцієнт осциляції і коефіцієнт варіації розраховували за класичними методиками [279].

Коефіцієнт осциляції характеризує коливання крайніх значень кожної ознаки навколо середнього арифметичного значення. Розрахунок коефіцієнта варіації, продиктований необхідністю встановлення відповідності обраної методики ФА для берези повислої як біоіндикатора середовища дійсному стану умов її зростання.

Аналіз отриманих результатів (табл. 4.1) показав, що за всіма ознаками з шести ділянок (з урахуванням контролю) в цілому рівні мінливості знаходилися в діапазоні від низьких до підвищених і не досягали дуже високого рівня (>40 %).

Таблиця 4.1

**Статистична оцінка результатів промірів листя берези повислої, що природно поширена на девастрованих землях
Петровського відвалу**

№ з/п	Місце збору листя	Параметр	Ознака									
			№ 1 Ширина половинки листка, мм		№2 Довжина другої жилки другого порядку від основи листка, мм		№3 Відстань між основами першої і другої жилок другого порядку, мм		№4 Відстань між кінцями цих жилок, мм		№5 Кут між головною жилкою і другою від основи жилкою другого порядку	
			L	R	L	R	L	R	L	R	L	R
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Петровський відвал – ділянка №1	$(x_{max} - x_{min})$	8,5	10	11	14	3	3	6	8	15	12
		x	17,15	18,2	28,2	28,7	3,15	3,95	10,1	11	42,5	39,9
		S ²	8,45	11,29	13,29	18,9	1,11	1,36	2,77	5,33	23,61	11,87
		s	2,91	3,36	3,65	4,35	1,05	1,17	1,66	2,31	4,86	3,45
		Ko	0,49	0,55	0,39	0,48	0,95	0,76	0,59	0,72	0,35	0,30
		V%	16,947	18,4	12,92	15,14	33,51	29,51	16,47	20,99	11,43	8,64
2	Петровський відвал – ділянка №2	$(x_{max} - x_{min})$	6	5	9,5	9	3,5	3,5	7	5	19	15
		x	14,2	14,5	23,7	23,8	3	2,65	8,55	8,6	42,2	42,4
		S ²	5,288889	3,166667	13,95556	9,066667	1,166667	1,058333	6,358333	3,6	28,4	20,93333
		s	2,299758	1,779513	3,735714	3,011091	1,080123	1,028753	2,521574	1,897367	5,329165	4,575296
		Ko	0,422535	0,344828	0,400844	0,378151	1,166667	1,320755	0,818713	0,581395	0,450237	0,353774
		V%	16,19548	12,2725	15,7625	12,65164	36,00411	38,82088	29,49209	22,0624	12,62835	10,79079
3	Петровський відвал – ділянка №3	$(x_{max} - x_{min})$	7,5	7	14	10	3	2,5	8	3	10	11
		x	15,4	16,5	25,9	26	2,55	2,75	9,4	9,5	41,3	41,4
		S ²	6,211111	6,111111	14,76667	11,11111	0,802778	0,736111	5,377778	1,166667	8,9	10,26667

Продовження таблиці 4.1

		s	2,49221	2,472066	3,842742	3,333333	0,895979	0,857969	2,319004	1,080123	2,983287	3,204164
		Ko	0,487013	0,424242	0,540541	0,384615	1,176471	0,909091	0,851064	0,315789	0,242131	0,2657
		V%	16,18318	14,98222	14,83684	12,82051	35,13642	31,19888	24,67025	11,36972	7,223455	7,739526
4	Петровський відвал – ділянка №4	$(x_{max} - x_{min})$	8	8,1	17	17,1	4	5,5	6	7	10	11
		x	15,2	15,6	24,6	24,75	3,3	3,1	9,35	9,5	38,9	39,8
		S ²	6,177778	6,711111	25,15556	24,625	1,344444	2,377778	3,113889	4,277778	10,98889	14,17778
		s	2,485514	2,590581	5,015531	4,962358	1,159502	1,542004	1,764621	2,068279	3,314949	3,765339
		Ko	0,526316	0,512821	0,691057	0,686869	1,212121	1,774194	0,641711	0,736842	0,257069	0,276382
		V%	16,35206	16,60629	20,38834	20,04993	35,13642	49,74208	18,87296	21,77136	8,521721	9,460651
5	Петровський відвал – ділянка №5	$(x_{max} - x_{min})$	9	11	13,5	13	2	4	6	7	10	12
		x	16,5	16,45	27,05	27,1	2,85	3,1	10,1	10,5	41,7	41,3
		S ²	9,611111	11,025	17,35833	14,32222	0,502778	1,6	3,877778	5,388889	12,01111	12,01111
		s	3,100179	3,320392	4,166333	3,784471	0,709068	1,264911	1,969207	2,321398	3,465705	3,465705
		Ko	0,545455	0,668693	0,499076	0,479705	0,701754	1,290323	0,594059	0,666667	0,239808	0,290557
		V%	18,78896	20,18475	15,40234	13,96484	24,87959	40,80358	19,4971	22,10855	8,311043	8,391538
6	Контроль	$(x_{max} - x_{min})$	13	12	10	11	4	3,5	4	3	18	18
		x	23,4	23,8	34	34,7	4,2	4,9	12	11,3	49,2	48
		S ²	42,3	37,7	25,5	28,45	2,2	2,05	2,5	1,95	51,7	54,5
		s	6,503845	6,140033	5,049752	5,333854	1,48324	1,431782	1,581139	1,396424	7,190271	7,382412
		Ko	0,555556	0,504202	0,294118	0,317003	0,952381	0,714286	0,333333	0,265487	0,365854	0,375
		V%	27,79421	25,79846	14,85221	15,37134	35,31523	29,22004	13,17616	12,35773	14,61437	15,38002

Примітка: $(x_{max} - x_{min})$ – размах варіації, x – середнє значення ознаки, S² – дисперсія, s – середнє стандартне відхилення, Ko – коефіцієнт осциляції, V% – коефіцієнт варіації

Аналіз отриманих результатів показав, що в зоні мінімального забруднення атмосферного повітря (умовно екологічно чиста зона – Гурівський ліс, що відноситься до зони з мінімальним техногенним навантаженням) морфологічні параметри листової пластинки берези повислої перебували в межах значень, характерних для цього виду рослин [246, 247, 399]. У зв'язку з цим отримані значення морфометричних характеристик листків *B. pendula* нами були використані як умовний контроль (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Морфометричні параметри листків *B. pendula* в зоні мінімального забруднення атмосферного повітря (контроль – Гурівський ліс)

№ з/п	Ознака		Статистика				
			Min	Max	M±m	V %	P %
1	I	L	18	31	23,4±2,91	27,79	12,43
		R	19	31	23,8±2,75	25,80	11,53
2	II	L	30	40	34±2,26	14,85	6,64
		R	30	41	34,7±2,36	15,37	6,87
3	III	L	2	6	4,2±0,67	35,32	15,79
		R	2,5	6	4,9±0,64	29,22	13,07
4	IV	L	10	14	12±0,71	13,18	5,89
		R	10	13	11,3±0,62	12,36	5,53
5	V	L	40	58	49,2±3,22	14,61	6,54
		R	39	57	48±3,31	15,38	6,88

Примітка: I – ширина половинки листка, мм; II – довжина другої жилки другого порядку від основи листка, мм; III – відстань між основами першої і другої жилок другого порядку, мм; IV – відстань між кінцями цих жилок, мм; V – кут між головною жилкою і другою від основи жилкою другого порядку, VI – довжина черешка, мм. L – ліва половинка, R – права половинка.

Закономірно, що збільшення рівнів забруднення атмосферного повітря негативним чином впливає на морфометричні показники листків берези повислої

(рис. 4.1). Так, на території девастрованих земель Петровського відвалу для всіх показників встановлено зменшення числових значень у порівнянні зі значеннями, що були отримані на контрольній ділянці Гурівського лісу (Кіровоградська обл.).

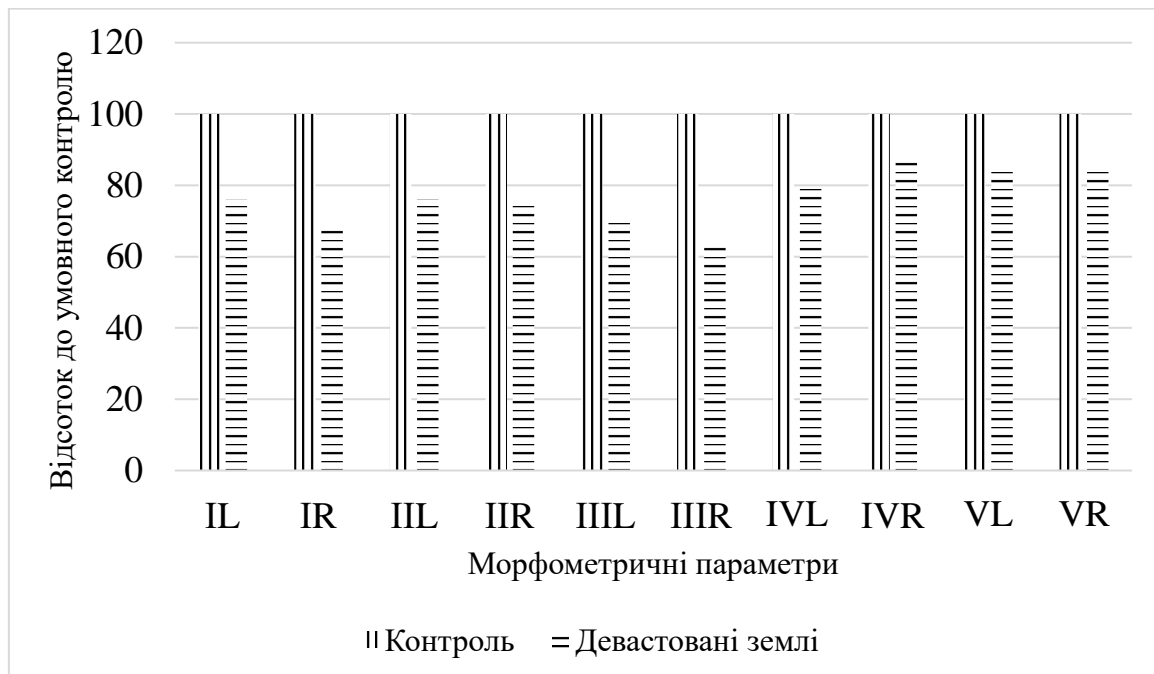


Рис. 4.1. Відносні морфометричні параметри листків берези повислої в умовах девастрованих земель Петровського відвалу, де L – промір ознаки зліва, R – промір справа

За нашими даними, мінімальна відмінність показників була встановлена для значень кута між головною жилкою та другою від основи листка жилкою другого порядку, відповідно 84 % для лівої половини та 85% для лівої. Одночасно, максимальні відмінності були у значень відстані новими першої і другої жилок другого порядку (відповідно 71 та 63 %). При найбільшому забрудненні атмосферного повітря, як і в попередньому випадку, має місце зменшення морфометричних значень, що свідчить про негативний вплив аерогенних поллютантів.

Після підрахунку середніх значень інтегральних показників ФА за усіма майданчиками, дослідження рівня ФА у листків *B. pendula* свідчать, що найбільш чутливою ознакою до несприятливих умов девастрованих земель є відстань між

основами першої та другої жилки другого порядку (0,132). Подібні результати були отримані Ю. М. Петрушкевич, під час дослідження життєздатності *B. pendula* в умовах криворіжжя, виявлено, що ознака №3 є найбільш нестабільною та складає – 0,133 [212].

Аналіз найбільших відхилень у розвитку листа берези повислої, що проявляється в максимальних значеннях ФА, виявили загальну тенденцію: ознаки листа берези повислої – відстань між основами першої та другої жилки другого порядку та ширина половини листка характеризуються підвищеними значеннями ФА, припускаємо, що саме вони найбільш чутливо реагують на зміни в зовнішньому середовищі. Аналіз отриманих результатів показав, що найбільш стабільною є друга ознака серед п'яти досліджених параметрів – 0,024 (рис. 4.2).

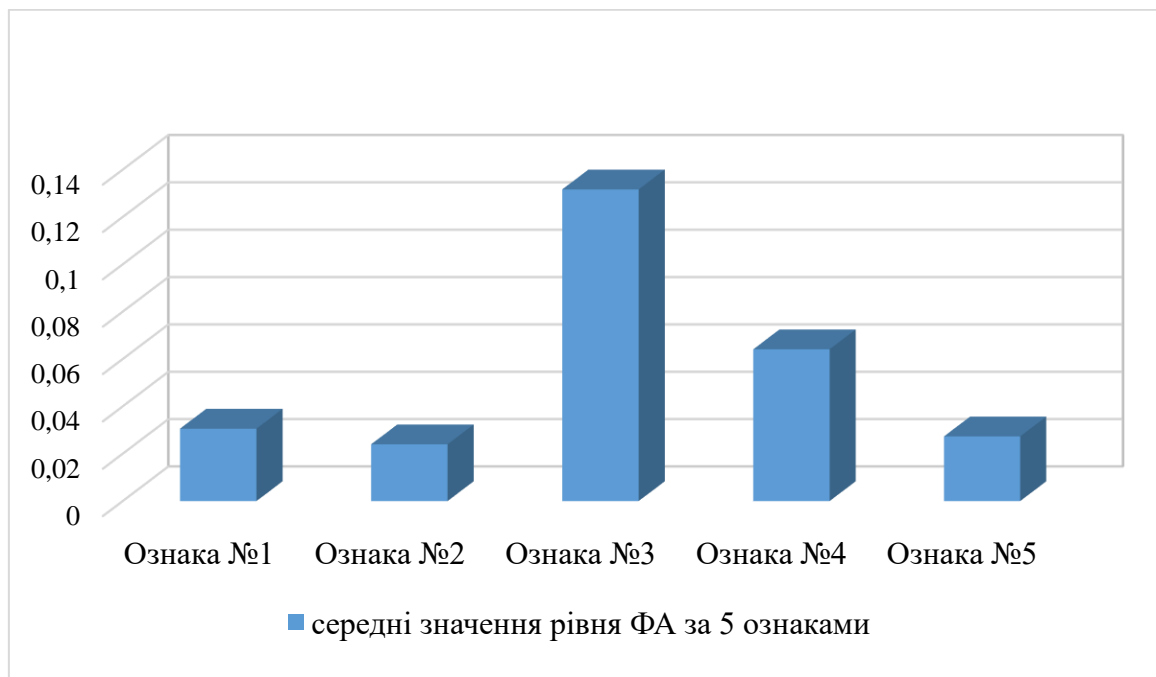


Рис. 4.2. Показники стійкості морфологічних ознак листової пластинки *Betula pendula* Roth до умов девастрованих земель Криворіжжя (Петровський відвал)

Дослідження показників морфології листків деревних рослин, зокрема їх флюктууючої асиметрії є перспективним методом біоіндикації стану довкілля. Закономірно, що збільшення рівнів забруднення атмосферного повітря негативним

чином впливає на морфометричні показники листків берези повислої. Загальний показник флуктуючої асиметрії листкової пластинки *B. pendula* на різних дослідних ділянках має істотні відмінності (табл.4.3).

Таблиця 4.3

Інтегральні показники ФА для різних дослідних ділянок

№ з/п	Ознака		Статистика				
			Min	Max	M±m	V %	P %
1	I	L	18	31	23,4±2,91	27,79	12,43
		R	19	31	23,8±2,75	25,80	11,53
2	II	L	30	40	34±2,26	14,85	6,64
		R	30	41	34,7±2,36	15,37	6,87
3	III	L	2	6	4,2±0,67	35,32	15,79
		R	2,5	6	4,9±0,64	29,22	13,07
4	IV	L	10	14	12±0,71	13,18	5,89
		R	10	13	11,3±0,62	12,36	5,53
5	V	L	40	58	49,2±3,22	14,61	6,54
		R	39	57	48±3,31	15,38	6,88

Примітки: М – середнє арифметичне, m – абсолютна похибка, CV% – коефіцієнт варіації, P% – статистична значущість, t_{st} – критерій Ст'юдента

Відповідність середніх значень коефіцієнтів ФА різних дослідних ділянок Петровського відвалу балам якості умов середовища, рекомендованими В. М. Захаровим з співр. [115], свідчить про забруднення навколишнього середовища дегазованих земель та складні умови зростання деревно-чагарникових рослин, де рівень забруднення впритул наблизився до п'яти балів і характеризує критичний стан (> 0,54) (табл.4.4).

Таблиця 4.4

**Відповідність коефіцієнта флюктуючої асиметрії (ФА) берези повислої відомій
бальній системі якості середовища**

№ з/п	Місце збору листя	Оцінка		
		Флюктуюча асиметрія	Бал	Екологічна оцінка території
1	Петровський відвал – ділянка №1	0,062±0,002	V	Вкрай несприятливі умови, рослини перебувають у сильно пригніченому стані
2	Петровський відвал – ділянка №2	0,053±0,001	IV	Максимальний рівень впливу
3	Петровський відвал – ділянка №3	0,057±0,002	V	Вкрай несприятливі умови, рослини перебувають у сильно пригніченому стані
4	Петровський відвал – ділянка №4	0,056±0,001	V	Вкрай несприятливі умови, рослини перебувають у сильно пригніченому стані
5	Петровський відвал – ділянка №5	0,050±0,001	IV	Максимальний рівень впливу
6	Контроль	0,032±0,001	I	Умовна норма

Отримані дані свідчать, що інтегральний показник асиметрії листків берези повислої на території з мінімальним забрудненням атмосферного повітря (ділянка, що знаходиться в Гурівському лісі) є найнижчим – 0,032. Це значення відповідає умовній нормі за силою впливу на біоту [212, 247, 261]. Збільшення рівня забруднення до середнього закономірно зумовило збільшення показника флюктуючої асиметрії до значень 0,050-0,053, що вказує на максимальний рівень впливу на березу повислу.

Встановлено, що в зоні максимального забруднення атмосферного повітря показники флюктуючої асиметрії (0,056 – 0,062) свідчать про вкрай несприятливі умови, рослини перебувають у сильно пригніченому стані. Так, наприклад, інтегральний показник у рослин першої, третьої та четвертої ділянки Петровського відвалу відповідає 5 балам стандартної шкали та відображає «критичний» стан

середовища девастрованих земель для цього виду. Решта дослідних ділянок (друга та пята) оцінені у 4 бали і характеризують несприятливі умови девастрованих земель [36].

Отже, відповідно до результатів морфометричного аналізу, в умовах дослідних ділянок Петровського відвалу спостерігається достовірне відхилення лінійних параметрів листків берези повислої щодо контролю. Середній інтегральний показник флуктуючої асиметрії для берези повислої району досліджень становить 0,0556, що свідчить про наближення екологічного стану до передкритичного рівня.

4.2. Динаміка вмісту фотосинтетичних пігментів у листках провідних видів рослин

Вивчення хлорофілів та каротиноїдів (головних фоторецепторів рослинних клітин) має важливе значення для аналізу взаємодії рослин з умовами середовища. Як відомо, пігменти приймають активну участь у механізмі перетворення сонячної енергії на енергію хімічних зв'язків [273]. До пігментної системи рослин входять зелені пігменти, що предсталені хлорофілами *a* і *b* та жовті пігменти, а саме – каротиноїди [443].

Хлорофіл *a* є головним пігментом, що приймає участь у процесах фотосинтезу, тоді як хлорофіл *b* виконує допоміжну функцію, спрямовану на підвищення світлозбиральної здатності пігментного комплексу в короткохвильовій ділянці червоного світла [9, 134]. Каротиноїди запобігають руйнуванню молекул хлорофілу від потужних потоків енергії при високій інтенсивності світла [4, 19, 260, 470].

Ефективність пігментного комплексу визначається особливостями його складу (кількість пігментів, їх співвідношення) та відповідністю його структурно-функціональних характеристик кліматичним та екологічним умовам [47, 119]. Вміст хлорофілу в листі є чутливим показником забруднення навколишнього середовища [344, 450, 458].

Негативний вплив техногенних факторів проявляється через активність фотосинтетичного апарату, найважливішою характеристикою якого є вміст пластидних пігментів [19, 23, 47, 227].

Токсичні забруднюючі речовини, що надходять до хлоропластів, викликають зміну балансу між хлорофілами *a* і *b* та каротиноїдами, яка може призводити до пригнічення процесів фотосинтезу [409, 481]. Хоча важкі метали, такі як Cd, Pb та Ni не є необхідними для росту рослин, вони легко потрапляють та накопичуються рослинами, тому при проведенні комплексних досліджень асиміляційного апарату важливим є визначення вмісту хлорофілу та фенольних сполук у листках провідних деревних видів рослин на дегазованих землях Криворіжжя.

Для проведення дослідження вмісту хлорофілу відбирали проби листків з трьох видів рослин (клен ясенелистий (*Acer negundo* L.), береза повисла (*Betula pendula* Roth.), робінія звичайна (*Robinia pseudoacacia* L.)) на п'яти дослідних ділянках дегазованих земель Петровського відвалу, які розташовані у контрастних екологічних умовах (за часом відсіпки, експозицією схилів, формами мікрорельєфу). В якості контролю було додатково зібрано зразки листя з дерев у Гурівському лісі (контрольна ділянка). Вивчення динаміки вмісту зелених пігментів у листках провідних видів дерев проводили впродовж 2019 – 2021рр.

4.2.1. Вміст хлорофілу в листі деревних видів рослин, що зростають в зоні умовного контролю

Вміст хлорофілу в листках деревних видів рослин, що зростають у сприятливих екологічних умовах природного середовища, достатньо вивчений. Так, за даними наукових публікацій, концентрація хлорофілу у листках клену ясенелистого коливається від 0,29 до 30,00 мг/г [174, , 28, 286]. Нами встановлено, що вміст пігменту в листках цього виду на контрольних територіях знаходиться у зазначеному діапазоні – $3,87 \pm 0,07$ мг/г.

Дослідниками з'ясовано, що в природних умова, вміст хлорофілу в лисках берези повислої становить 1,10-7,22 мг/г [12, 287]. Результати власних досліджень

довели, що на контрольних ділянках концентрація хлорофілу в листках цього виду має значення $3,18 \pm 0,12$ мг/г. Природних діапазон концентрації хлорофілу в листках робінії звичайної становить 1,73 – 4,50 мг/г [12, 32]. В умовах нашого контролю вміст пігменту у листках цього виду тотожний – $4,14 \pm 0,12$ мг/г. Така динаміка є закономірною та вказує, що досліджувані деревні рослини зростають у сприятливих екологічних умовах.

4.2.2. Вміст хлорофілу в листі деревних видів рослин, що природно поширені на деастрованих землях Петровського відвалу

Оцінюючи отримані дані по вмісту пігментів у листках провідних деревних видів рослин, що зростають на деастрованих землях залізорудного Петровського відвалу, виявлено, що кількість зелених пігментів відрізняється від контрольних значень (табл. 4.5).

Таблиця 4.5

Загальний вміст хлорофілу в листках дерев, що природно зростають на деастрованих землях Петровського залізорудного відвалу (2019 рік), (мг/г)

Ділянка	Статистичні параметри					
	M	m	CV%	P%	tst	% до контролю
Клен ясенелистий (<i>Acer negundo</i> L.)						
Контроль	3,87	0,07	3,18	1,84	—	—
I	2,55**	0,09	6,07	3,51	11,62	65,73
II	1,45**	0,08	9,24	5,34	22,98	37,53
III	1,37**	0,02	3,10	1,79	33,19	35,46
IV	2,02**	0,09	7,69	4,44	16,22	52,08
V	1,78**	0,01	0,42	4,44	29,27	45,86
Береза повисла (<i>Betula pendula</i> Roth.)						
Контроль	3,18	0,12	6,48	3,74		
I	3,40	0,05	2,41	1,39	1,87	107,55
II	3,24	0,01	0,42	0,24	0,52	101,96
III	3,27	0,12	6,15	3,55	0,54	102,81
IV	3,33	0,04	2,08	1,20	1,16	104,57
V	2,48**	0,05	3,76	2,17	5,35	78,02

Робінія звичайна (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.)						
Контроль	4,14	0,12	4,91	2,84	—	—
I	—	—	—	—	—	—
II	4,14	0,07	3,12	1,80	0,04	99,85
III	3,12**	0,12	6,46	3,73	6,20	75,27
IV	—	—	—	—	—	—
V	2,02**	0,05	4,63	2,67	16,44	48,70

Примітки: М – середнє арифметичне, m – абсолютна похибка, CV% – коефіцієнт варіації, Р% – статистична значущість, t_{st} – критерій Ст'юдента, ** – різниця з контролем достовірна

Аналіз отриманих результатів довів, що у порівнянні з контрольними значеннями статистично достовірно лише зменшення концентрацій хлорофілу в листі клена ясенелистого (рис. 4.3). Мінімальні значення вмісту хлорофілу були виявлені на ділянках II та III, відповідно $1,45 \pm 0,08$ та $1,37 \pm 0,02$ мг/г. Такі результати статистично достовірні та на 65-68 % менші за контрольні показники ($P < 0,05$). Максимальні значення вмісту хлорофілу були встановлені на ділянках IV та I, відповідно, $2,02 \pm 0,09$ та $2,55 \pm 0,09$ мг/г, що на 34-48 % менше за контроль ($P < 0,05$).

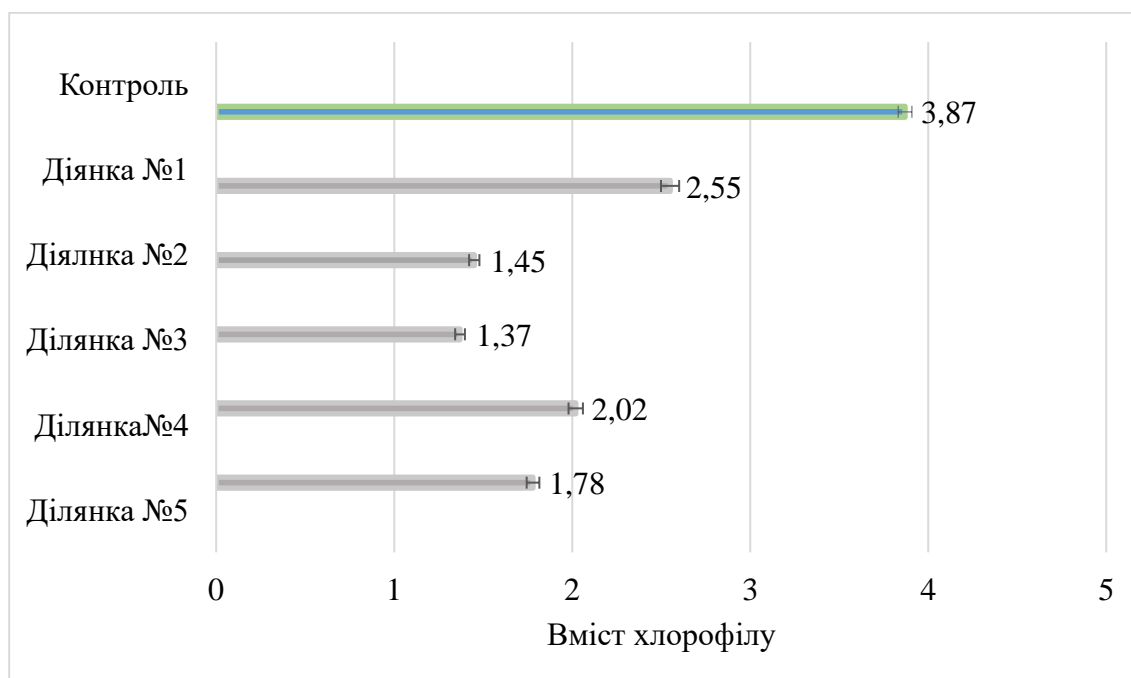


Рис. 4.3. Динаміка хлорофілу в листках *Acer negundo* L. з різних місць зростання (2019 р.), мг/г

В умовах Криворіжжя береза повисла (*B. pendula* Roth) виявилася стійкою до низьких температур, відносно стійкою до посухи та стійкою до пило-газових забруднювачів повітря. Аналіз отриманих результатів показав (див.рис. 4.4), що вміст хлорофілу в листках цього виду на дослідних ділянках I, II, III та IV знаходиться на рівні контрольних значень. Лише на ділянці V вміст хлорофілу статистично достовірно на 22 % менше за контрольні показники ($P < 0,05$).

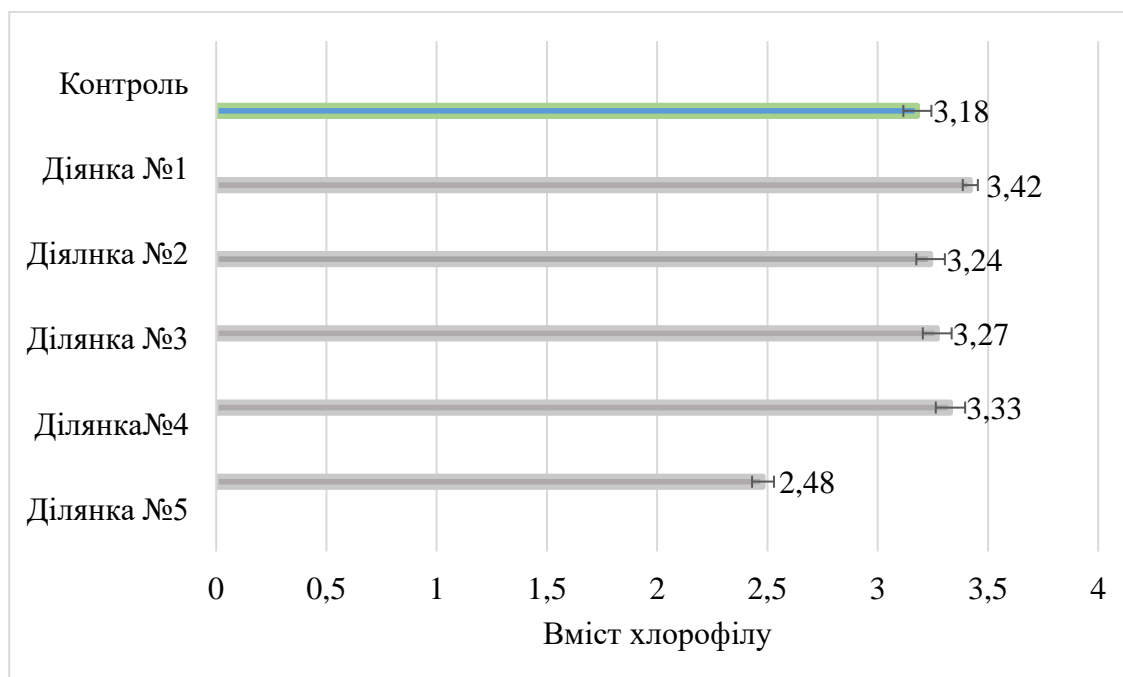


Рис. 4.4. Динаміка хлорофілу в листках *Betula pendula* Roth з різних місць зростання (2019 р.), мг/г

Аналіз отриманих результатів довів, що у порівнянні з контрольними значеннями, статистично достовірно лише зменшення концентрацій цього пігменту в листі *Robinia pseudoacacia* L. Також слід зазначити, що досліджені нами види дерев характеризуються певними особливостями адаптованості до умов девастрованих земель. Отримані результати можуть бути використані для обґрунтування заходів озеленення та фітооптимізації девастрованих земель Криворіжжя та інших промислових регіонів України.

Встановлено, що на моніторингових ділянках III та V були виявлені найменші концентрації хлорофілу у листках робінії звичайної (див.рис. 4.5), відповідно $3,12 \pm 0,12$ та $2,02 \pm 0,05$ мг/г. Такі значення є статистично достовірними і на 24-51 % меншими за контроль ($P < 0,05$).

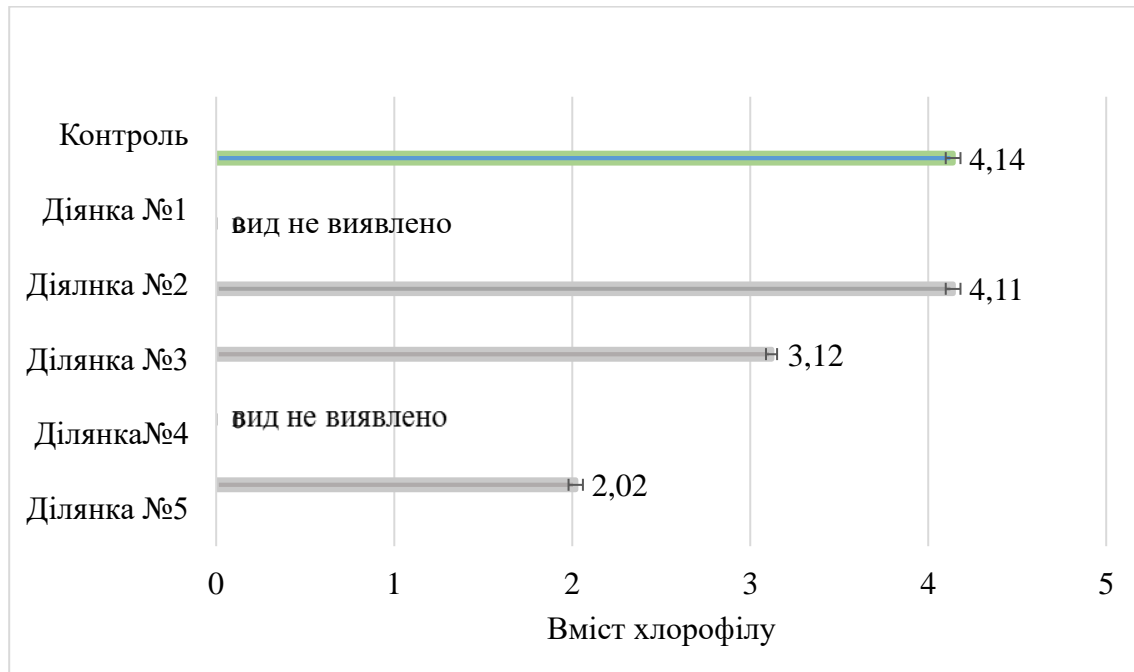


Рис. 4.5. Динаміка хлорофілу в листках *Robinia pseudoacacia* L. з різних місць зростання (2019 р.), мг/г

Види дерев за кількісними показниками зменшення концентрацій хлорофілу можуть бути упорядковані наступним чином: Береза повисла > Робінія звичайна > Клен ясенелистий. Моніторингові ділянки відвалу за кількісними показниками зменшення концентрацій хлорофілу також можуть бути упорядковані наступним чином V < III < II < IV < I. Дослідження вмісту хлорофілу, які були проведені в 2021 році показали, що зменшення вмісту хлорофілу у листках рослин, які природно зростають на девастрованих землях, порівняно з контрольними показниками – є адаптивною реакцією на погіршення стану середовища. Як свідчать отримані нами дані, спостерігаються деякі закономірності загального вмісту хлорофілу у листі дерев, порівняно з результатами досліджень 2019 року (табл.4. 5 та табл.4.6).

Таблиця 4.6

Сума хлорофілів a і b та співвідношення фотосинтетичних пігментів у листках провідних видів дерев , що природно поширені на девастрованих землях Петровського відвалу (2021 рік)

Дослідні ділянки	хл. <i>a</i>	хл. <i>b</i>	Сума хл. (a+b)	Співвідношення	
				хл.a/ хл.b	(хл.a+хл.b)/контроль
Клен ясенелистий (<i>Acer negundo</i> L.)					
Контроль	1,74	0,9	2,64	1,93	-
I	0,39	0,35	0,74	1,11	28
II	0,73	0,51	1,24	1,43	47
III	0,81	0,18	0,99	4,5	38
IV	0,21	0,02	0,23	10,5	9
V	0,29	0,02	0,29	14,5	15
Береза повисла (<i>Betula pendula</i> Roth.)					
Контроль	1,25	0,39	1,64	3,21	-
I	2,58	1,61	4,19	1,60	255
II	3,14	3,08	6,22	1,02	379
III	1,92	0,68	2,6	2,82	159
IV	1,14	0,41	1,55	2,78	95
V	1,26	0,45	1,71	2,80	104
Робінія звичайна (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.)					
Контроль	1,91	3,73	5,64	0,51	-
I	вид не виявлено		0	-	
II	2,19	1,71	3,9	1,28	69
III	2,55	1,64	4,19	1,55	74
IV	вид не виявлено		0	-	
V	2,03	1,27	3,3	1,60	59

Примітка: хл. a – хлорофіл a , хл. b – хлорофіл b .

Узагальнюючи отримані дані, можна засвідчити, що, екологічні умови девастрованих земель Петровського залізорудного відвалу зумовлюють зменшення вмісту хлорофілу у листках деревних рослин.

Вміст хлорофілу в листках клену ясенелистого на всіх ділянках Петровського залізорудного відвалу статистично достовірно менше контрольних показників (табл. 4.6). Мінімальні значення вмісту хлорофілу були виявлені на ділянках IV, V та I, що становить від 0,23 до 0,74 мг/г. Такі результати статистично достовірно на 12–22 % менші за контрольні показники ($P < 0,05$). Максимальні значення вмісту загального хлорофілу ($a+b$) були зафіксовані на II і III, відповідно – від 0,99 до 1,24 мг/г, на противагу 2,64 мг/г в умовному контролі (рис.4.6 та табл. 4.6).

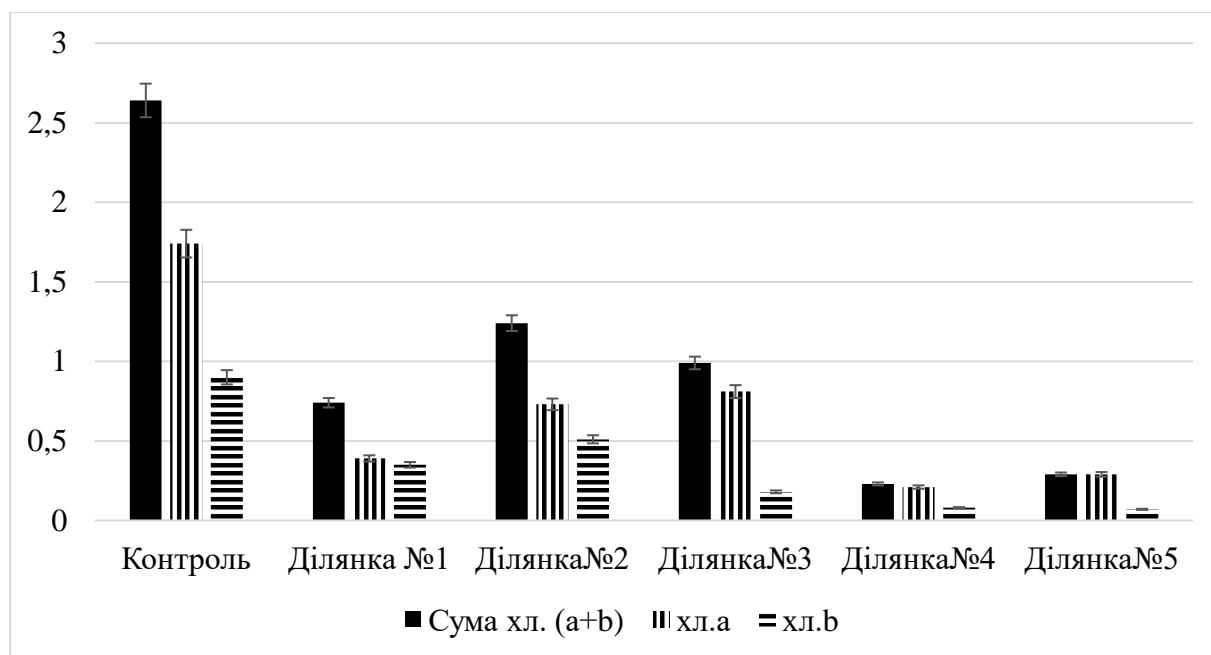


Рис. 4.6. Вміст фотосинтетичних пігментів у листі дерев *Acer negundo* L., що природно поширені на девастрованих землях Петровського відвалу (2021 рік)

Аналіз отриманих результатів показав, що вміст хлорофілу в листках берези повислої цього виду на дослідних ділянках IV та V знаходиться на рівні контрольних значень. У всіх інших випадках концентрація хлорофілів a і b у

листках рослин *B. pendula* достовірно різняться із контролем, перевищуючі контрольні показники у 2,5 – 5 разів ($P < 0,05$) (рис.4.7 та табл. 4.6).

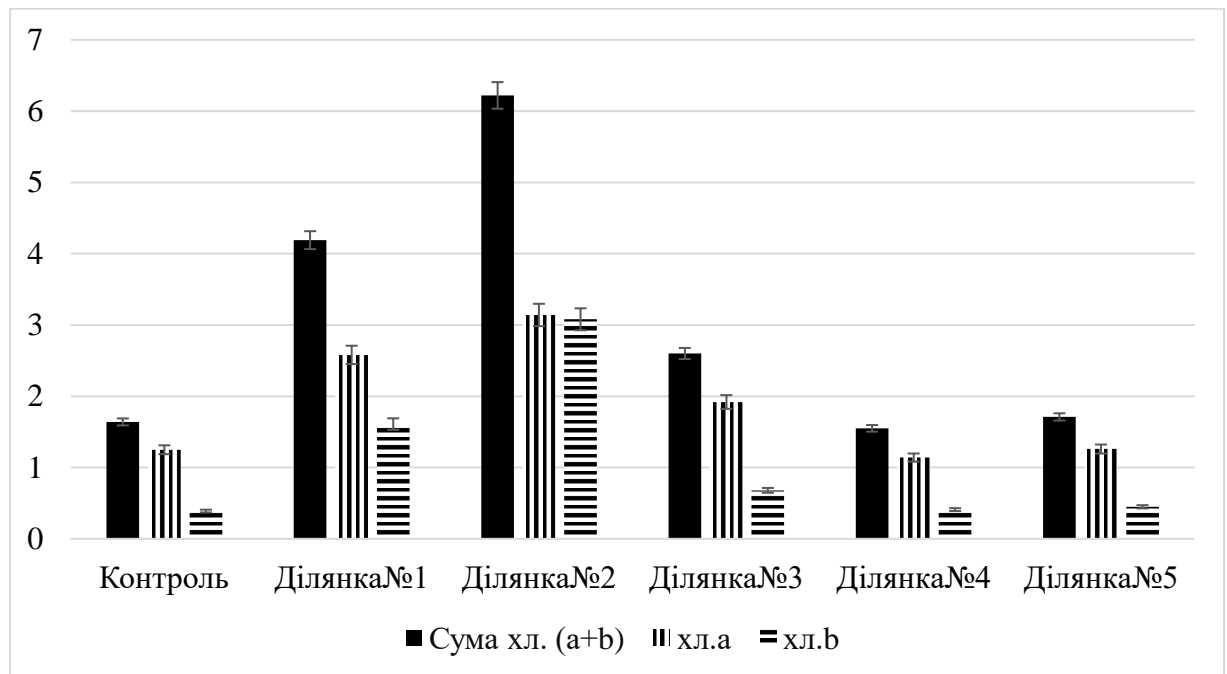


Рис. 4.7. Вміст фотосинтетичних пігментів у листі дерев *Betula pendula* Roth., що природно поширені на дегазованих землях Петровського відвалу (2021 рік)

Встановлено, що на моніторингових ділянках II та V були виявлені найменші концентрації хлорофілу у листках робінії звичайної, відповідно від 3,3 до 3,9 мг/г. Максимальні значення загального хлорофілу виявлено в листі цього виду, що природно поширений в межах III дослідної ділянки на Петровському відвалу (рис.4.7 та табл. 4.6). На дослідних ділянках I та IV вид не було виявлено, тому результати досліджень вмісту хлорофілу відсутні на діаграмі.

Прогресивне зменшення концентрації хлорофілів *a* і *b* у листі клену ясенелистого та робінії звичайної можна пояснити пригніченням біосинтезу хлорофілів, посиленою деградацією пігментів та порушенням ультраструктури хлоропластів [7, 19, 139, 141, 411, 427].

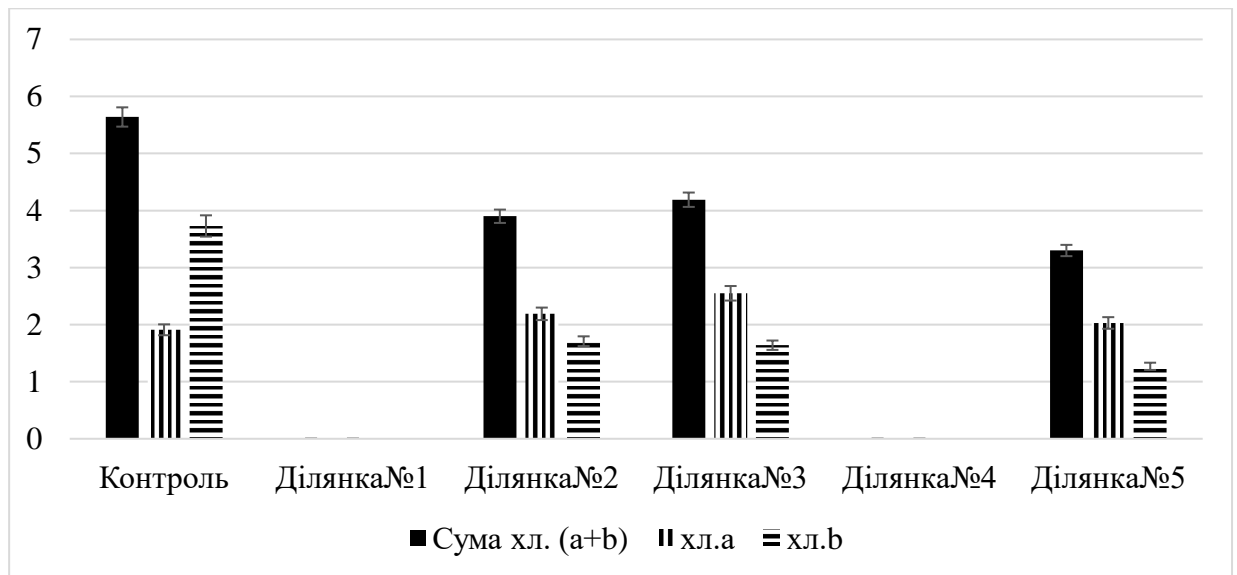


Рис. 4.8. Вміст фотосинтетичних пігментів у листі дерев *Robinia pseudoacacia* L., що природно поширені на девастрованих землях Петровського відвалу (2021 рік)

Численні дослідження науковців підтверджують той факт, що важкі метали здатні впливати на кількість фотосинтетичних пігментів, що призводить до зниження фотосинтетичної активності [23, 99, 153, 284].

Відомо, що співвідношення хлорофілу *a* до хлорофілу *b* є надзвичайно важливим маркером фізіологічного стану рослин, який вказує на їх адаптаційний потенціал [7, 443, 481]. Значні коливання вмісту хлорофілу *b*, який є більш чутливим до умов техногенного навантаження, призводить до коливань співвідношення *a/b* (табл. 4.6). Однак, аналіз наукових джерел показав, що саме хлорофіл *a* порівняно із хлорофілом *b* має більшу чутливість до засолення ґрунту та підвищення концентрацій іонів кадмію [134, 139, 294].

За результатами наших досліджень, найбільш стабільні показники співвідношення хлорофілу *a* до хлорофілу *b* було виявлено в листі берези повислої, від 1,02 до 2,78 на різних дослідних ділянках в межах Петровського відвалу,

порівняно з контрольним значенням – 3,21. Нерівномірно підвищувалося співвідношення хлорофілу *a* до хлорофілу *b* в листі клена ясенелистого з 1,93 у контролі (Гурівський ліс) до 1,1–14,5 на девастрованих землях залізорудного відвалу.

Стрімке збільшення співвідношення хлорофілу *a* до хлорофілу *b* було зафіксовано в листі робінії звичайної, відповідно 1,28–1,60, порівняно з контрольними показниками – 0,51 (табл. 4.6). Загальновідомо, що стреси техногенного походження призводять до зміни концентрації фотосинтетичних пігментів, їх співвідношення та пригнічують фотосинтетичну активність хлоропластів [139, 302]. На думку провідних вчених, саме збільшення співвідношення хлорофілу *a* до хлорофілу *b* є ознакою високої потенційної інтенсивності фотосинтезу, як результат захистних механізмів адаптації рослин до техногенного навантаження [32, 201].

Загалом, екологічні умови девастрованих земель Петровського залізорудного відвалу призводять до зменшення вмісту загального хлорофілу та зумовлюють зміну співвідношення фотосинтезуючих пігментів у листках деревних рослин. В умовах посушливого степового клімату Криворізького регіону наявність додаткових джерел зволоження є надважливим екологічним фактором успішного росту та розвитку деревних видів рослин. Аналіз вмісту та стабільності співвідношення хлорофілів *a* і *b* в листках дозволили нам впорядкувати деревні види у наступний ряд зменшення стійкості до екологічних умов відвалу: береза повисла > робінія звичайна > клен ясенелистий.

4.3. Динаміка нагромадження фенольних сполук у листках провідних видів рослин

Дослідження фізіологічного стану деревно-чагарникових рослинних угруповань, що природно поширені на девастрованих землях Петровського відвалу потребує використання широкого спектру індикаторних ознак: концентрація хлорофілу в листі, життєвий стан, вміст важких металів та макронутрієнтів,

показник флюктууючої асиметрії та вміст фенольних сполук в листі провідних видів рослин [32, 261, 309].

Фенольні сполуки як активні метаболіти, приймають участь у забезпеченні стійкості рослин до екстремальних умов зростання. Кількість природно синтезованих фенолів в тканинах залежить від умов зростання та фізіологічного стану рослини і є показником стресу. Фенольні сполуки виконують широкий спектр адаптивних функцій у рослин: нейтралізують дію вільних радикалів, які є природними побічними продуктами метаболізму клітин; приймають участь у захисті організму від захворювань (інгібують розмноження патогенних бактерій, вірусів і грибів); зумовлюють наявність алелопатичних ефектів [24, 124, 125, 343, 373, 442. 452, 460].

Для проведення біохімічного аналізу брали зразки листя трьох видів рослин: клен ясенелистий (*Acer negundo* L.), робінія звичайна (*Robinia pseudoacacia* L.) та береза повисла (*Betula pendula* Roth.). Вміст фенольних сполук визначали методом Фоліна-Чокальтеу [455]. Результати досліджень представлено у мг еквівалента галової кислоти на 1 г сухої наважки (мг ЕГК/г с.н.).

4.3.1. Вміст фенольних сполук в листі деревних видів рослин, що зростають в зоні умовного контролю

Встановлено загальний вміст фенольних сполук в листках дерев клена ясенелистого (*Acer negundo* L.), робінії звичайної (*Robinia pseudoacacia* L.) та берези повислої (*Betula pendula* Roth.) з контрольної території.

Аналіз отриманих результатів показав, що на контрольній ділянці серед видів деревних рослин у листках берези повислої встановлений найвищий вміст фенольних сполук від 26,90 до 27,49 мг ЕГК / г с.н. (при середньому значенні $27,13 \pm 0,18$ мг ЕГК/г сухої наважки). Концентрації фенолів у листках клену ясенелистого були менші $17,53 \pm 0,17$ мг ЕГК/г сухої наважки (межі коливань 17,53–18,11 мг ЕГК/г сухої наважки). У листках робінії звичайної виявлений найменший

вміст фенольних сполук від 10,98 до 11,65 мг ЕГК/г сухої наважки (середнє значення $11,24 \pm 0,21$ мг ЕГК/г сухої наважки).

Загалом наукові праці щодо визначення вмісту фенольних сполук в листках деревних видів рослин, що зростають у природних умовах, досить численні. В основному висвітлюються результати дослідження біологічно активних речовин рослинного походження як перспективної сировини для фармакології, косметології та харчової промисловості [277, 373. 414, 431].

Результати проведених досліджень показали, що середній вміст речовин фенольної природи в листі берези повислої на контрольній ділянці становив 26–28 мг ЕГК/г с.н. Опираючись на літературні джерела, слід зазначити, такі показники знаходяться у діапазоні їх природних концентрацій, проте тяжіють до мінімальних значень [277, 373] (рис.4.9).

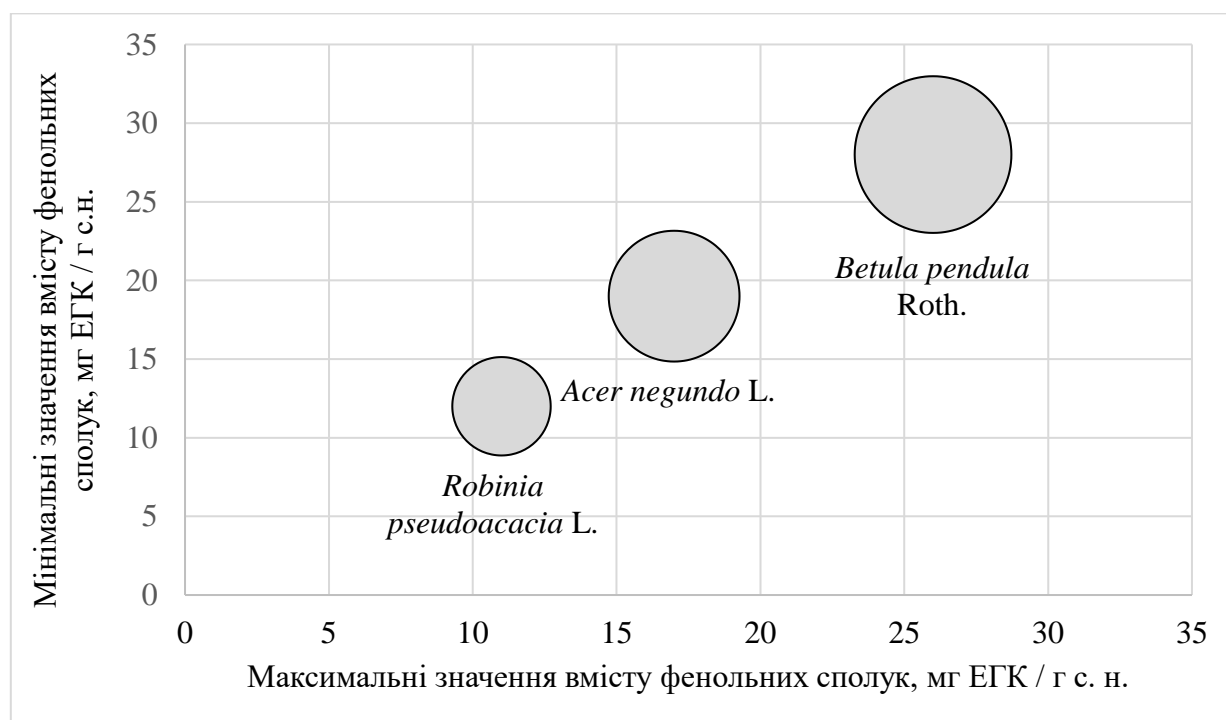


Рис. 4.9. Діаграма порівняння загального вмісту фенольних сполук у листках різних видів деревних рослин, що зростають на контрольній ділянці

Оскільки клен ясенелистий не є загальновизнаною лікарською рослиною, тому дуже мало доступних літературних даних щодо вмісту фенольних сполук у

листках цього виду. Проаналізовано концентрації фенолів у листках різних видів роду *Acer* L. За результатами наших досліджень, вміст фенольних сполук у контрольних зразках листках клену ясенелистого (17–19 мг ЕГК/г с.н.), що значно менше, ніж дані доступних наукових публікацій [277, 414] (рис.4.9).

Аналіз одержаних експериментальних даних засвідчив, що на контрольній ділянці вміст фенольних сполук у листках робінії звичайної становить 11–12 мг ЕГК/г с.н. Такі показники знаходяться у межах їх природних концентрацій (на основі аналізу літературних джерел) [277, 431].

4.3.2. Вміст фенольних сполук в листі деревних видів рослин, що природно поширені на деастрованих землях Петровського відвалу

Висока стійкість деревних рослин до складних екологічних умов деастрованих земель, викликає особливий інтерес до таких видів – клен ясенелистий (*Acer negundo* L.), робінія звичайна (*Robinia pseudoacacia* L.) та береза повисла (*Betula pendula* Roth.), як до модельних об'єктів вивчення впливу техногенних факторів. Досліджено, що концентрація природних фенолів значною мірою змінюється в умовах складних екологічних умов Петровського відвалу ($P < 0,05$).

За результатами біохімічного аналізу листків трьох видів деревних рослин, вміст фенольних сполук у листках клену ясенелистого на всіх ділянках Петровського залізорудного відвалу на 15–65% більше контрольних показників (табл. 5.8). Мінімальні значення цього показника зафіксовано на ділянці I – $20,47 \pm 0,33$ мг ЕГК/г с.н., що на 15 % перевищує контрольні значення ($P < 0,05$). Встановлено, на дослідних ділянках II, IV та V вміст фенольних сполук у листках клену ясенелистого сягав значень, відповідно, 23,87 мг ЕГК/г с.н., 24,45 мг ЕГК / г с.н. та 25,48 мг ЕГК/г с.н., що на 34%, 37% та 43 % вище за контроль ($P < 0,05$). Свого піку концентрації фенолів в листі клену ясенелистого досягли на ділянці III – $29,45 \pm 0,20$ мг ЕГК / г с.н., що на 66 % вище за контрольні значення ($P < 0,05$) (табл. 4.7).

Таблиця 4.7

**Загальний вміст фенольних сполук в листках дерев, що природно зростають
на девастрованих землях Петровського залізорудного відвалу,
(мкг ГК/100 г наважки)**

Ділянка	Статистичні параметри				
	M	m	CV%	tst	% до контролю
Клен ясенелистий (<i>Acer negundo</i> L.)					
Контроль	17,80	0,17	1,62	-	100,00
I	20,47	0,33	2,82	7,18	115,02
II	23,87	0,27	1,94	19,28	134,12
III	29,45	0,20	1,17	44,97	165,45
IV	24,45	0,33	2,31	18,14	137,34
V	25,48	0,28	1,87	23,86	143,13
Береза повисла (<i>Betula pendula</i> Roth.)					
Контроль	27,13	0,18	1,15	-	100,00
I	19,70	0,31	2,74	20,62	72,61
II	17,89	0,14	1,37	40,30	65,94
III	19,66	0,10	0,92	35,91	72,46
IV	24,53	0,13	0,91	11,73	90,41
V	21,86	0,28	2,25	15,68	80,58
Робінія звичайна (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.)					
Контроль	11,24	0,21	3,20	-	100,00
I	-	-	-	-	-
II	29,93	0,11	0,61	80,17	266,25
III	25,95	0,16	1,09	55,72	230,90
IV	-	-	-	-	-
V	24,16	0,10	0,71	56,13	214,95

Примітки: M – середнє арифметичне, m – абсолютна похибка, CV% – коефіцієнт варіації, tst – критерій Стюдента.

Виявлено достатньо високе коливання вмісту загальних фенолів у листках берези (*Betula pendula*), порівняно з контрольними зразками (табл. 4.7). Аналіз отриманих результатів показав, що концентрації фенолів у листках берези повислої на всіх дослідних ділянках відвалу *менші за контрольні показники*. Мінімальні значення виявлені у рослин, що ростуть на ділянці II ($17,89 \pm 0,14$ мг ЕГК/г с.н.), що на 34 % нижче порівняно з контролем ($P < 0,05$). На ділянках III, I та V вміст фенольних сполук у листках берези повислої був приблизно однаковим: 19,66 , 19,70 та 21,86 мг ЕГК / г с.н., відповідно. Отримані концентрації на 17–19 % нижче за контрольні значення ($P < 0,05$). Концентрація загальних фенолів сягає максимуму на ділянці IV ($24,53 \pm 0,13$ мг ЕГК/г с.н.), що лише на 9,5 % нижче ніж значення цього показника у дерев, що зростають на контрольній ділянці ($P < 0,05$).

За результатами біохімічного аналізу листків робінії звичайної з'ясовано максимальне, серед досліджених видів деревних рослин, збільшення вмісту фенольних сполук – на всіх дослідних ділянках (табл. 4.7). Концентрації цих речовин статистично достовірно перевищують контроль у 2,2 разів на ділянці V, у 2,3 разів – на ділянці III та у 2,7 разів – на ділянці I ($P < 0,05$).

Отже, сумарна концентрація цих сполук в листках всіх досліджуваних рослин *Acer negundo* L., *Robinia pseudoacacia* L., що природно поширені на порушених землях залізорудного відвалу, значно перевищує показники контрольного варіанту. Варіабельність вмісту фенолів у листках рослин *Betula pendula* Roth. зумовлена не тільки екологічними чинниками, а й індивідуальними особливостями рослинних організмів. Отримані результати не суперечать можливості використання показників вмісту фенолів як маркеру екологічного стану девастрованих земель.

4.4. Вміст макронутрієнтів та важких металів в ґрунтах девастрованих земель Криворіжжя

Специфічним компонентом біосфери, що акумулює забруднювачі та виступає як природний буфер – є ґрунт, що забезпечує переніс хімічних елементів та різних сполук в атмосферу, гідросферу і живу речовину [396]. В ньому зосереджені

основні елементи живлення рослин (N, P, K, S, Ca, Mg) і різні мікроелементи. Завдяки процесам мінералізації гумусових речовин, макронутрієнти стають доступними для рослин.

4.4.1. Вміст макронутрієнтів в ґрунтах девастрованих земель Петровського відвалу

Кальцій, магній, калій, фосфор і сірка є поживними елементами для рослин, тому зміст їх в породі відвалу має вирішальну роль [477]. Ґрунт – головне джерело поживних речовин, необхідних рослинам для росту. На девастрованих землях ріст і розвиток рослин регулюється як зовнішніми, так і внутрішніми факторами, що забезпечують їх стійкість в онто- і філогенезі [129]. Як відомо, саме елементний склад ґрунтів визначається особливостями материнської породи та у свою чергу впливає на механічний склад та властивості ґрунту [244].

Для детального дослідження впливу макронутрієнтів та важких металів на рослинну складову біогеоценозу, було обрано девастровані землі Петровського відвалу, як одного з модельних відвалів Криворіжжя. Контрольні ділянки розташовані у природних угрупованнях Гурівського лісу (Долинський р-н, Кіровоградська обл.). Аналітична частина нашого дослідження була проведена на базі лабораторії інституту біологічних наук фрайберзького технологічного університету та гірничої академії (Фрайберг, Німеччина).

Оцінка вмісту поживних речовин (калій, натрій, кальцій, магній, сірка та фосфор) в ґрунтах девастрованих земель Петровського відвалу здійснюється шляхом порівняння виявлених концентрацій з контрольними показниками (табл. 4.8).

Таблиця 4.8

Загальний вміст макронутрієнтів в ґрунтах контрольної ділянки, %

Макроелементи	Статистичні параметри			
	Min	Max	$M \pm m$	V%
Калій (K)	1.10	1.33	1.22 ± 0.04	15.76
Натрій (Na)	0.65	0.83	0.70 ± 0.03	21.19
Кальцій (Ca)	3.11	3.74	3.41 ± 0.11	14.12
Магній (Mg)	1.86	2.57	2.06 ± 0.14	29.43
Сірка (S)	0.75	1.09	0.89 ± 0.06	31.43
Фосфор (P)	0.09	0.13	0.11 ± 0.01	28.75

Примітка: min – мінімальне значення; max – максимальне значення; M – середнє значення вибірки; m – абсолютна похибка середнього значення; V% - коефіцієнт варіації.

Аналіз отриманих результатів показав, що в ґрунтах девастрованих земель Петровського відвалу, вміст калію варіювався в діапазоні від 1,13 % (ділянка IV) до 1,39 % (ділянка I), при середньому значенні 1,26 % (рис. 4.10).

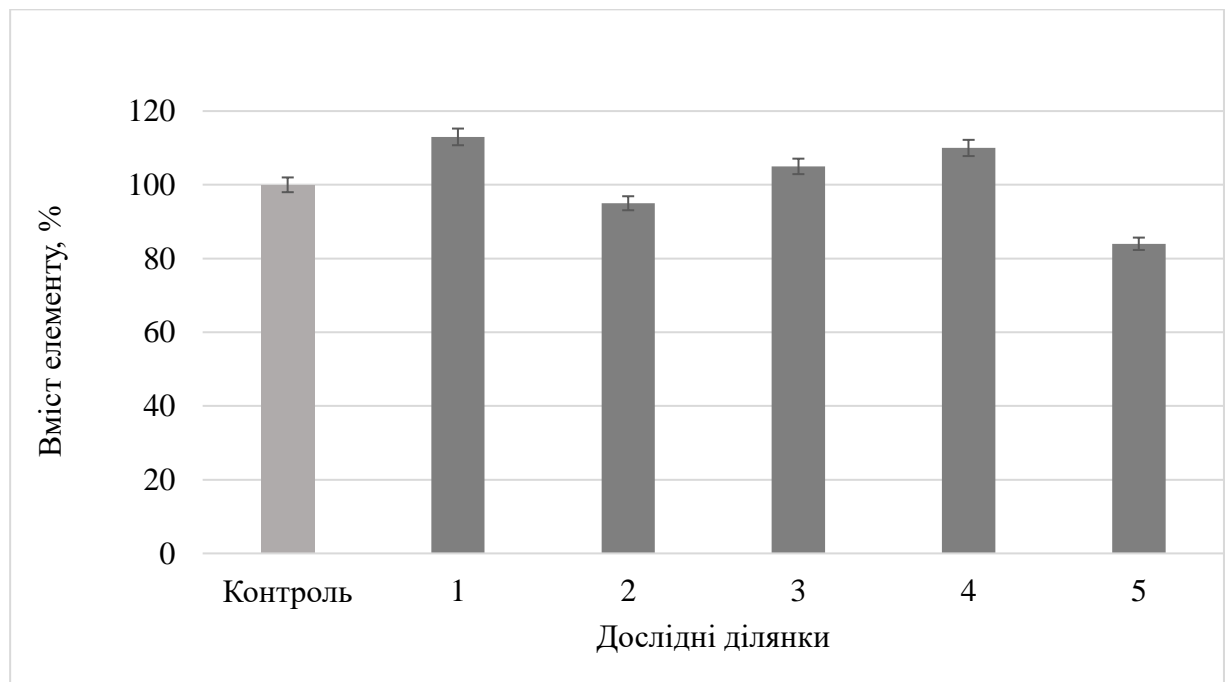


Рис. 4.10. Відносний вміст калію (K) у ґрунті дослідних ділянок девастрованих земель Петровського відвалу

Статистично значуще перевищення контрольного вмісту калію (на 13% вище контролю, $p < 0,05$) було виявлено тільки на першій ділянці (рис. 4.10). У той же час на ділянках II, III і IV концентрації цього макроелемента знаходилися на рівні контрольних значень, а на ділянці V концентрація була трохи нижче (на 8 %, $p < 0,05$).

За результатами виконаних досліджень, ми становили, що концентрація натрію в ґрунтах дегазованих земель варіює від 0,64 % (ділянка V) до 0,77% (ділянка I) із середнім значенням 0,74 % (рис. 4.11).

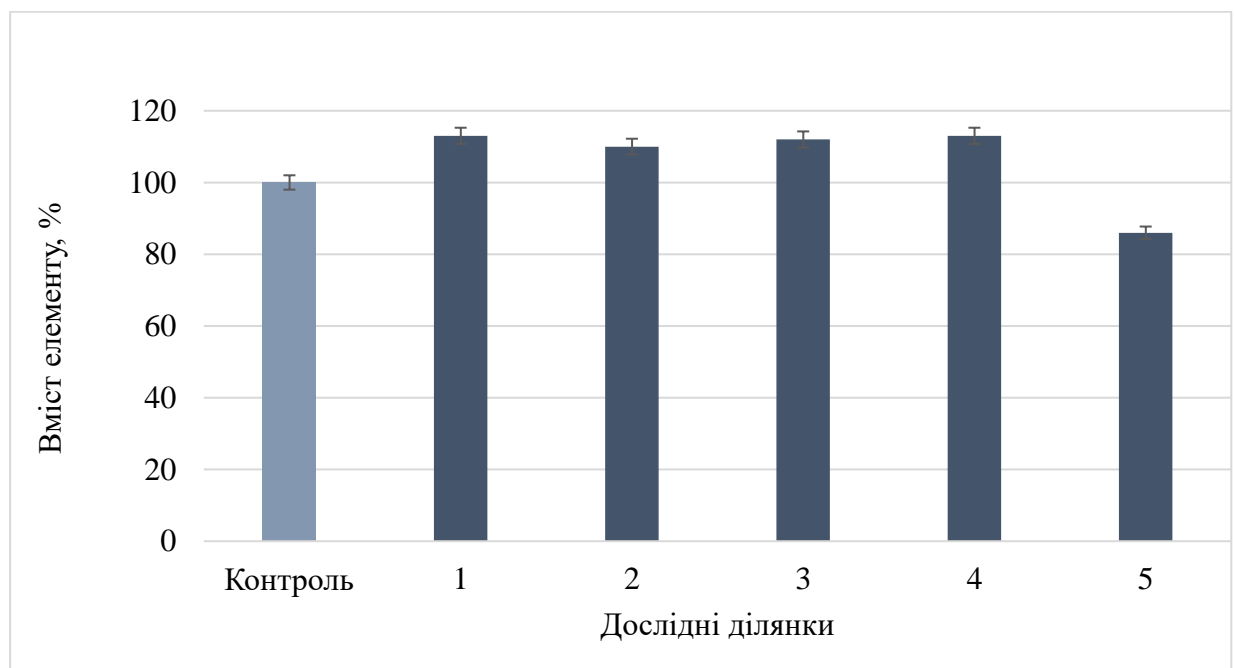


Рис. 4.11. Відносний вміст натрію (Na) у ґрунті дослідних ділянок дегазованих земель Петровського відвалу

Вміст натрію в ґрунтах дегазованих земель на 6-10% ($p < 0,05$) вище контрольного рівня (рис. 4.11). Виняток становлять ґрунти ділянки V, де концентрації цього елемента були на 7–8% ($p < 0,05$) нижче контрольного значення.

Обговорюючи отримані результати по вмісту кальцію в ґрунтах Петровського відвалу, нами визначено широкий діапазон значень: від 0,61 % (ділянка I) до 8,56% (ділянка IV) (рис. 4.12), із середнім значенням 4,08%. У порівнянні з контролем, концентрації кальцію на ділянках I і II були нижче в 4,5 –

5,6 рази ($P < 0,05$), тоді як як на ділянках III, IV і V вони були вище в 1,3 – 2,5 рази ($P < 0,05$).

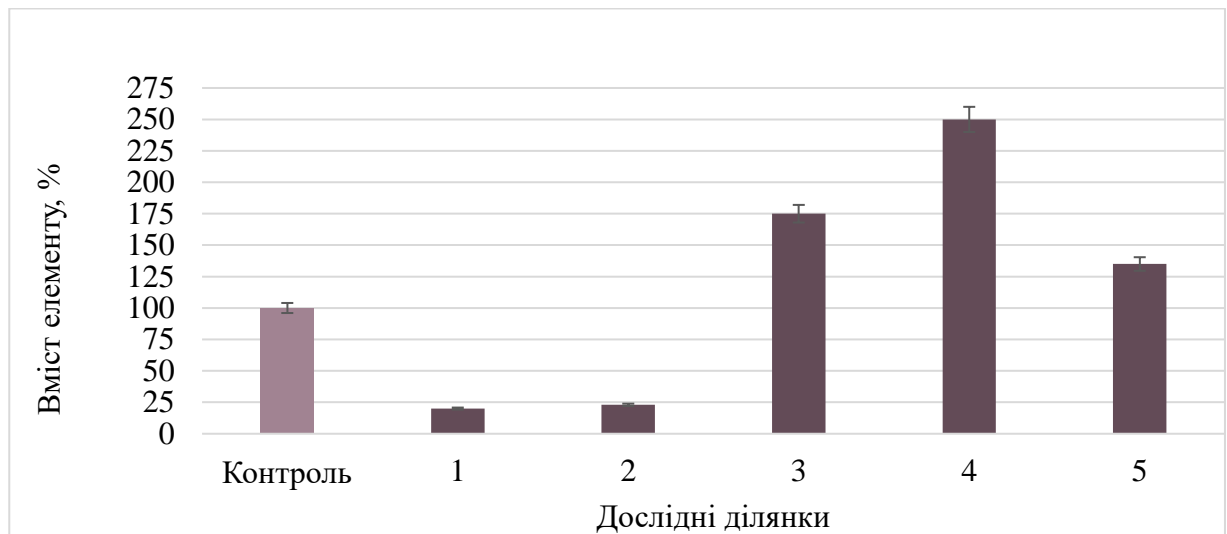


Рис. 4.12. Відносний вміст кальцію (Ca) у ґрунті дослідних ділянок девастрованих земель Петровського відвалу

Отримані результати із території девастрованих земель Петровського відвалу, свідчать про широкий діапазон вмісту магнію: 0,57 % (ділянка II) до 5,08% (ділянка IV) (рис. 4.13) із середнім значенням 2,83%.

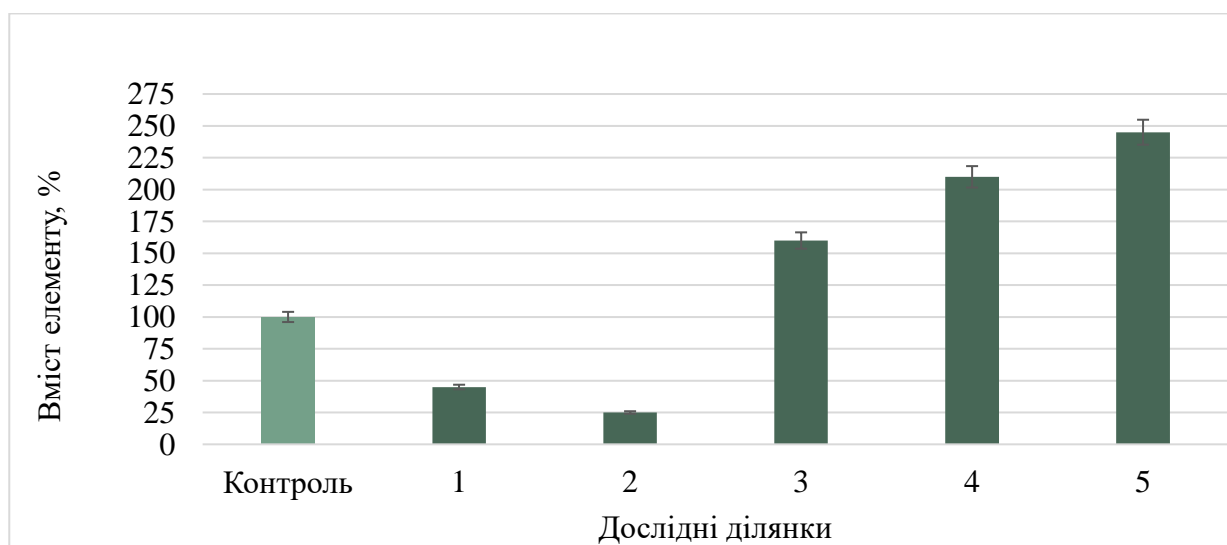


Рис. 4.13. Відносний вміст магнію (Mg) у ґрунті дослідних ділянок девастрованих земель Петровського відвалу

Встановлено, що на ділянках I і II концентрації магнію були в 3,6 і 2,2 рази нижче контрольних значень відповідно ($P < 0,05$), в той час як на інших ділянках вони перевищували контроль в 1,6 – 2,5 рази ($P < 0,05$).

Результати нашого дослідження (рис. 4.14) показують, що концентрації фосфору в ґрунтах девастрованих земель Петровського залізорудного відвалу варіюють від 0,06% (ділянка I) до 0,17 % (ділянка V), із середнім значенням 0.10 %.

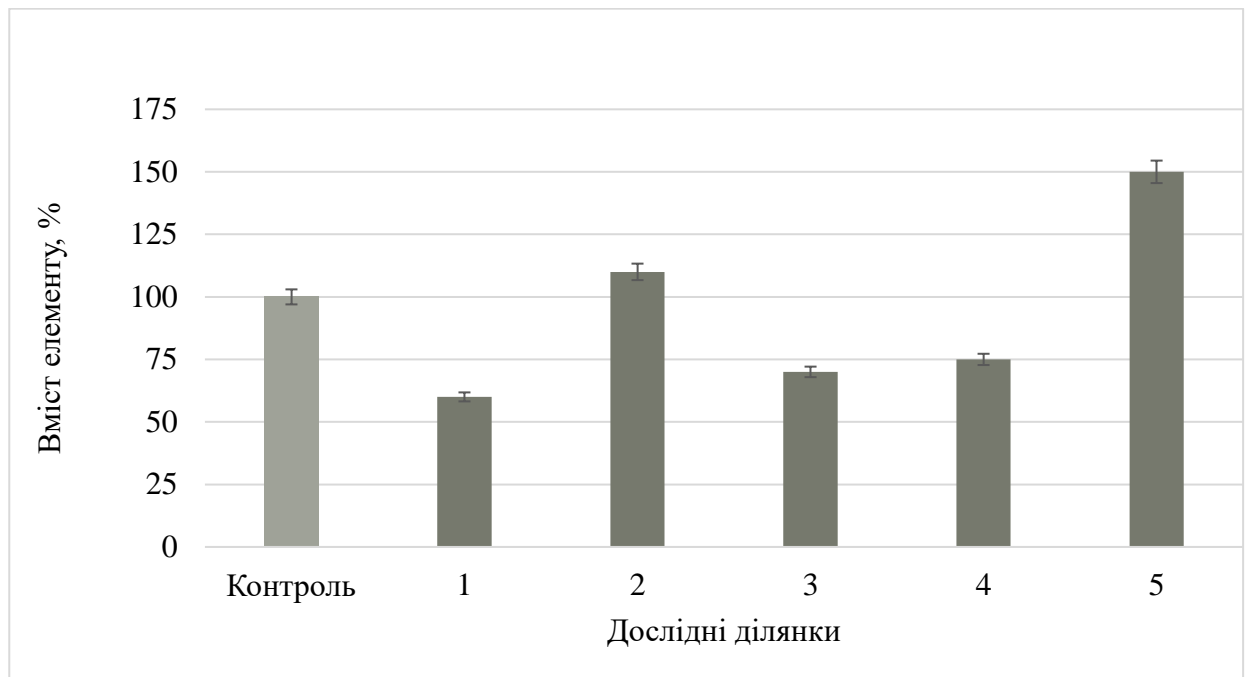


Рис. 4.14. Відносний вміст фосфору (P) у ґрунті дослідних ділянок девастрованих земель Петровського відвалу

Кількість цього макроелемента на ділянках II і V було на 7-49% вище контролю ($P < 0,05$), в той час як на ділянках I, III і IV воно було на 24-44% нижче ($P < 0,05$).

Виявлено, що концентрація сірки в ґрунтах Петровського відвалу коливається в діапазоні від 1,02 % (ділянка IV) до 3,65 % (ділянка I), при середньому вмісті 1,73 %. Встановлено, що загальний вміст сірки в ґрунтах девастрованих земель була вищою в порівнянні з контрольними значеннями: в 1,1 – 1,6 рази ($P < 0,05$) на ділянках II, III, IV і V (рис. 4.15). Однак на першій ділянці відвалу, концентрація цього елементу в 4,1 рази перевищує контрольні показники ($p < 0,05$).

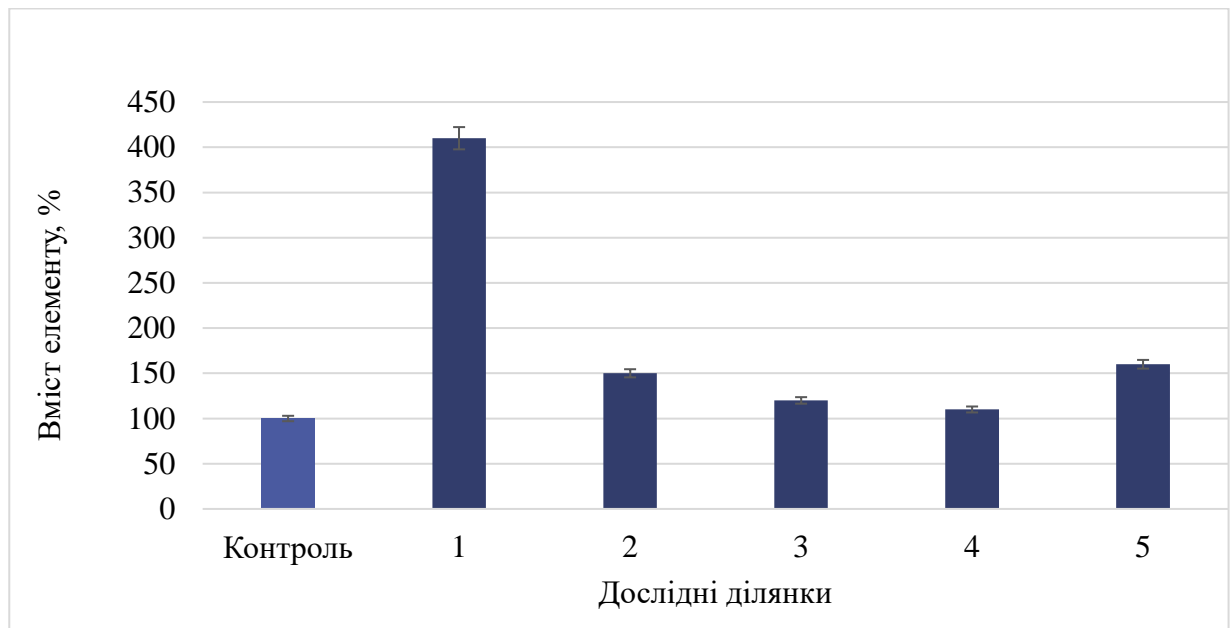


Рис. 4.15. Відносний вміст сірки (S) у ґрунті дослідних ділянок девастрованих земель Петровського відвалу

За результатами виконаних досліджень можна дійти висновку про те, що концентрації кальцію і магнію на ділянках I і II свідчать про серйозний дефіцит цих поживних елементів (в 2-5 разів нижче контрольних значень). На інших ділянках, ймовірно, спостерігається надмірна кількість кальцію і магнію в ґрунтах (в 1,3 – 2,5 рази вище, ніж в контролі).

На всіх дослідних ділянках Петровського залізорудного відвалу виявлено підвищений вміст сірки порівняно з контрольними значеннями. Концентрація фосфору була на контрольному рівні тільки на ділянці II, тоді як на ділянках I, III і IV вона була значно вище контролю (на 24-42%), а на ділянці V була в 1,5 рази нижче контрольних значень.

4.4.2. Вміст важких металів у ґрунтах девастрованих земель Петровського відвалу

На відміну від інших середовищ, ґрунти порушених територій не здатні до швидкого відновлення, тому хімічні агенти можуть акумулюватися в них впродовж багатьох років. Близько 90 % важких металів, що потрапили у довкілля,

акумулюються ґрунтами, що призводить до забруднення середовища та вищих рослин. За Реймерсом М.Ф. важкими слід вважати метали з щільністю більше 5 г/см³ [240].

На практиці найчастіше визначають валові форми важких металів для загальної оцінки забруднення ґрунтів і визначення їх потенційної небезпеки. Адже залишається актуальною проблема надходження та нагромадження в навколишньому середовищі важких металів техногенного походження.

Для дослідження валових форм важких металів в ґрунті девастрованих земель, в якості модельного об'єкту було обрано Петровський відвал (м. Кривий Ріг). Ділянки умовного контролю розташовані в Гурівському лісі (Кіровоградська обл.). Нашу увагу привернули важкі метали, що належать до різних класів небезпеки:

I клас (дуже небезпечні) – Pb, Cd, Zn;

II клас (помірно небезпечні) – Cu;

III клас (мало небезпечні) – Mn, Fe.

Валовий вміст важких металів у ґрунтах девастрованих земель Петровського відвалу наведено в таблиці 4. 10 [445, 448].

Аналіз результатів серед металів I класу небезпеки показав, що концентрація свинцю в ґрунтах девастрованих земель земель коливається у широкому діапазоні значень від 10,39 ppm (ділянка II) до 18,60 ppm (ділянка IV) із середнім значенням 13,88 ppm (табл. 4.10). Тоді як вміст свинцю в ґрунтах всіх досліджених ділянок був нижче контрольного рівня на 34-64%.

Встановлено, що вміст кадмію в ґрунтах Петровського відвалу варіює від 0,18 ppm (ділянка V) до 0,95 ppm (ділянка IV) із середнім значенням 0,57 ppm (табл.5.10). У порівнянні з контрольними значеннями кількість кадмію в ґрунтах всіх моніторингових ділянок була вище в 1,1-5,9 рази.

Таблиця 4.10

**Фактичний валовий вміст важких металів у ґрунтах девастрованих
земель Петровського відвалу, ppm**

Ділянка	Статистичні параметри					% до контролю
	M	m	CV%	P%	tst	
І клас небезпеки						
Свинець (Pb)						
Контроль	18,73	0,57	8,67	3,88	-	100
I	13,29	0,52	29,45	5,38	7,06	70,96
II	10,39	0,47	28,56	5,21	11,31	55,47
III	13,96	0,70	29,32	5,35	5,29	74,53
IV	18,6	0,91	32,12	5,86	0,12	99,31
V	13,15	0,42	29,45	5,38	7,88	70,21
Кадмій (Cd)						
Контроль	0,16	0,01	23,52	10,52	-	100
I	0,63	0,04	32,15	5,87	12,02	393,75
II	0,61	0,04	33,21	6,06	11,33	381,25
III	0,47	0,03	30,12	5,50	10,52	293,75
IV	0,95	0,05	35,42	6,47	16,92	593,75
V	0,18	0,01	25,20	4,60	53,67	112,50
Цинк (Zn)						
Контроль	90,51	1,44	4,76	2,13	-	100
I	93,72	2,81	29,84	5,45	1,02	103,55
II	77,04	3,85	28,63	5,23	3,28	85,12
III	84,37	3,29	30,42	5,55	1,71	93,22
IV	127,4	5,10	24,88	4,54	6,97	140,76
V	79,4	2,46	25,46	4,65	3,90	87,73
II клас небезпеки						
Мідь (Cu)						
Контроль	28,1	0,44	4,72	2,11	-	100
I	25,77	5,41	20,14	3,68	42,29	91,71
II	30,05	0,87	29,22	5,33	2,00	106,94

Ділянка	Статистичні параметри					% до контролю
	M	m	CV%	P%	tst	
Мідь (Cu)						
III	30,24	0,88	28,79	5,26	2,18	107,62
IV	25,07	0,55	21,25	3,88	4,29	89,22
V	32,96	6,92	19,86	3,63	43,47	117,29
III клас небезпеки						
Залізо (Fe)						
Контроль	42510,00	1258,33	8,88	3,97	-	100,00
I	104000,00	5200,00	22,14	4,04	11,49	244,65
II	103800,00	4152,00	25,18	4,60	14,13	244,18
III	101200,00	4655,20	26,86	4,90	12,17	238,06
IV	57010,00	2793,49	29,45	5,38	4,73	134,11
V	111200,00	4670,40	29,86	5,45	14,20	261,59
Марганець (Mn)						
Контроль	761,7	13,58	5,35	2,39	-	100
I	952,12	19,92	29,85	5,45	23,33	2615
II	884,5	13,27	25,12	4,59	6,47	116,12
III	935,5	11,23	30,12	5,50	9,86	122,82
IV	1011	40,44	30,51	5,57	5,84	132,73
V	1030	51,50	27,43	5,01	5,04	135,22

Примітки: M – середнє арифметичне, m – абсолютна похибка, CV% – коефіцієнт варіації, P% – статистична значущість, tst – критерій Ст'юдента,

Результати нашого дослідження показали, що концентрація цинку в ґрунтах порушених земель Петровського відвалу знаходиться в діапазоні від 77,04 ppm (ділянка I) до 127,4 ppm (ділянка I V) із середнім значенням 92,4 ppm. Порівняльний аналіз результатів показав, що на ділянках II, III і V кількість цього металу була на 8-14 % нижче контролю, тоді як на ділянці IV вона було в 1,41 рази вище контрольного рівня (табл.4.10).

Серед металів другого класу небезпеки, вміст міді в ґрунтах девастрованих земель Петровського звалища складає 25,07 ppm (ділянка IV) – 32,96 ppm (ділянка V), із середнім значенням 28,82 ppm. Концентрація міді в субстраті залізорудного відвалу вище контрольних показників в 1,3-1,8 рази (табл.4.10).

Аналіз вмісту важких металів третього класу небезпеки показав, що вміст заліза в ґрунтах девастрованих земель Петровського відвалу коливається від 5,70 % (ділянка IV) до 11,12% (ділянка V), при середньому значенні 9,54%. Таким чином, вміст заліза на всіх моніторингових ділянках перевищує контрольні значення в 1,4 – 2,6 рази(табл.4.10).

Концентрація марганцю в ґрунтах порушених земель коливалася від 884 ppm (ділянка II) до 1030 ppm (ділянка V) із середнім значенням 962 ppm. У порівнянні з контрольним рівнем, концентрація марганцю в ґрунтах всіх ділянок була достовірно вище на 16-35%.

Отже, виявлені закономірності вмісту важких металів у ґрунтах нашої контрольної ділянки узгоджуються з результатами інших досліджень, проведених на умовно фонових територіях Криворізького регіону [141, 243, 245, 251] та Дніпропетровської області в цілому [76, 78].

Проведене обстеження девастрованих земель Петровського відвалу щодо вмісту валових форм важких металів показало підвищення концентрації заліза, марганцю, міді, кадмію, а також цинку на деяких ділянках. Концентрації цих металів були в 1,2 – 5,9 рази вище контрольних показників. Слід зазначити, що були виявлені більш низькі рівні вмісту свинцю в порівнянні з контролем (в 1,5 – 2,7 рази). Вміст цинку в ґрунтах спустошених земель характеризується різноспрямованими відхиленнями від контрольного значення. Так, на ділянках II, III і V концентрації цього металу були незначно (на 7 – 14%) нижче контролю; на ділянці IV вони перевищували контроль в 1,4 рази, а на ділянці I збігалися з контрольним рівнем.

Аналізуючи отримані результати вмісту валових форм важких металів та їх відсоток до контролю, можна констатувати, що відсотковий вміст заліза значно

перевищує контрольні показники у 1,4 – 2,6 рази, що умовлено особливостями порід відвалу та відповідає умовам девастрованих земель.

4.5. Вміст макронутрієнтів та важких металів листках деревних видів рослин на девастрованих землях Криворіжжя

Визначення концентрацій макронутрієнтів (K, Ca, Mg, P, S) та важких металів (Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Cd) в листі провідних видів дерев на Петровському відвалі є важливим критерієм оцінки адаптаційної спроможності певних видів рослин до складних умов девастрованих земель. У зв'язку з цим актуальною є інформація про вміст макронутрієнтів в тканинах рослин, оскільки недостатня їх кількість призводить до порушення процесів росту та розвитку, впливає на життєвий стан рослинних угруповань. З іншого боку, дані про метали (Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Cd) в листі деревних видів рослин надзвичайно важливі у комплексі біологічних показників для моніторингу довкілля.

4.5.1. Вміст макронутрієнтів в листі деревних видів рослин, що природно поширені на девастрованих землях Петровського відвалу

Доведено, що техногенно порушені землі виступають джерелом забруднення повітря, ґрунту, водних ресурсів та сприяють розповсюдженню бур'янових, алергенних та інвазійних видів рослин [56, 235]. Для підтримки екологічного балансу таких території актуальним є створення на девастрованих землях штучних деревних насаджень, які можуть забезпечити стійкий оздоровчий фон [57, 190, 194, 236, 310, 321]. Однак, еколого-геохімічні умови техногенно порушених територій є вкрай несприятливими для більшості видів деревних рослин. Тому визначено актуальним з'ясування екологічних особливостей вмісту провідних макронутрієнтів в листках деревних видів рослин, що природно поширені на девастрованих землях гірничо-металургійного регіону.

Відбір зразків листя проводили в межах п'яти моніторингових ділянок на Петровському відвалі та одної контрольної, яка розташована у природних

угрупованнях Гурівського лісу (Долинський р-н, Кіровоградська обл.). Для дослідження вмісту макронутрієнтів (K, Ca, Mg, P, S) відбирали зразки листя у трьох найбільш поширених деревних видів рослин клен ясенелистий (*Acer negundo* L.), береза повисла (*Betula pendula* Roth.) та робінія звичайна (*Robinia pseudoacacia* L.).

Визначення концентрації макронутрієнтів калію (K), кальцію (Ca), магнію (Mg), фосфору (P) та сульфуру (S)) було виконано на приладі Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS) X-Series 2 (Thermo Fisher Scientific, USA) в лабораторії Institute on Biosciences, Freiberg Mining Academy and University of Technology (Freiberg, Germany).

Результати досліджень показали, що вміст калію в листі дерев, що зростають на девастрованих землях Петровського відвалу, нижче контрольних значень (рис. 4.16). Так, у листі клена ясенелистого (*Acer negundo* L.) концентрація калію на 15 – 70% нижче контрольних значень, тоді як у листі берези повислої (*Betula pendula* Roth.) на 15– 55%.

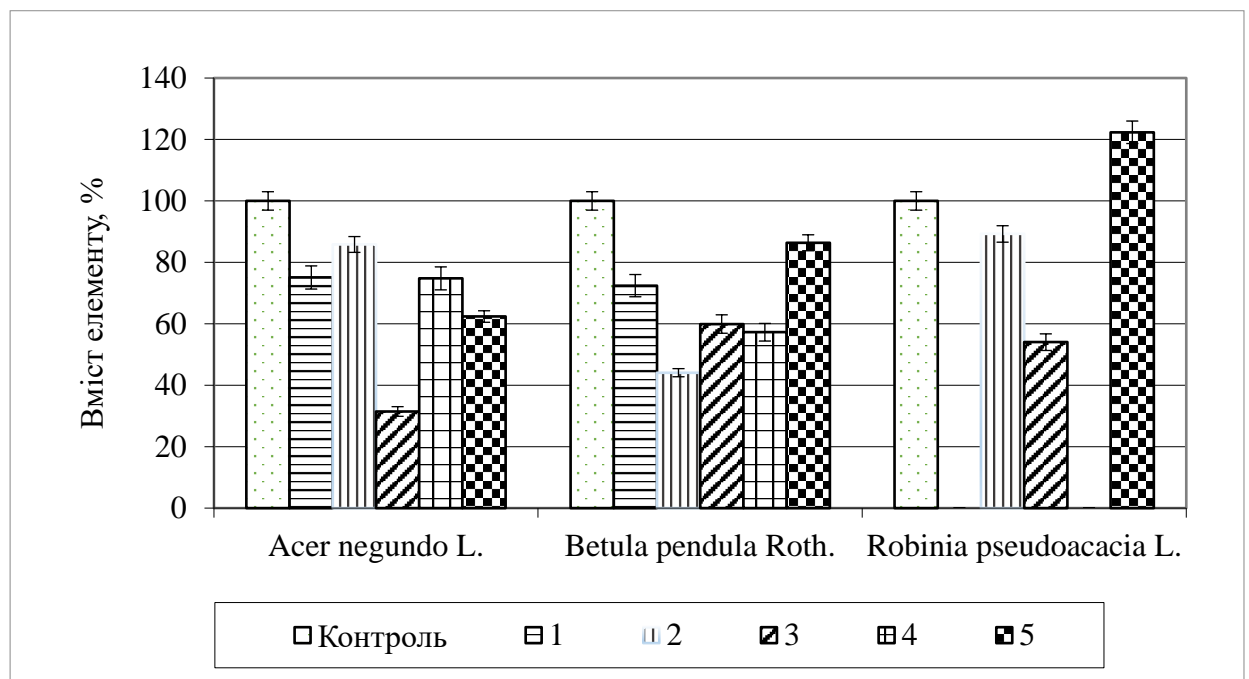


Рис. 5.16. Відносний вміст калію (K) в листі деревних видів рослин, що природно поширені на девастрованих землях Петровського відвалу

У зразках робінії звичайної (*Robinia pseudoacacia* L.) виявлено як зменшення вмісту калію (ділянки II та III – на 20-45 % нижче), так і підвищення концентрації цього елемента (ділянка IV – на 20 % вище контрольних показників) (рис.4.16).

Аналіз отриманих результатів свідчить, що зміст магнію в листі дерев з девастрованих земель Криворізького регіону має динамічні показники (рис. 4.17). У листі берези повислої накопичення цього елемента перевищує контрольні показники на 25-70%. У листі клена ясенелистого концентрації магнію на ділянці II були на 14 % вище контролю, а на ділянках I та III були на 10 – 55 % нижче контролю. Вміст цього елемента в листі робінії звичайної був у межах контрольних значень (ділянки II та V), або на 17 % нижче (ділянка II).

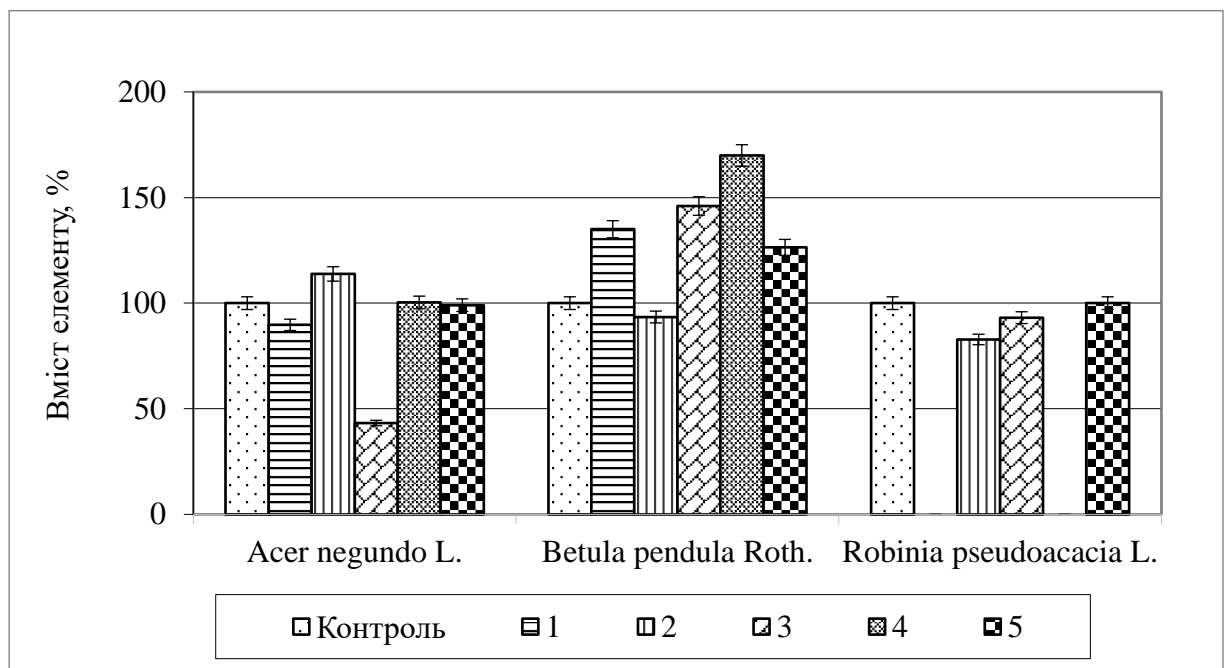


Рис. 4.17. Відносний вміст магнію (Mn) в листі деревних видів рослин, що природно поширені на девастрованих землях Петровського відвалу

Концентрація кальцію в листі також була нижче контрольних значень (рис. 4.18): на 19 – 54% у берези повислій і на 51 – 62% у робінії звичайної. Загальний вміст цього елемента в листі клена ясенелистого на ділянках II, IV, V знаходилися на рівні контрольних значень, на ділянці III на 40 % нижче за контрольні показники.

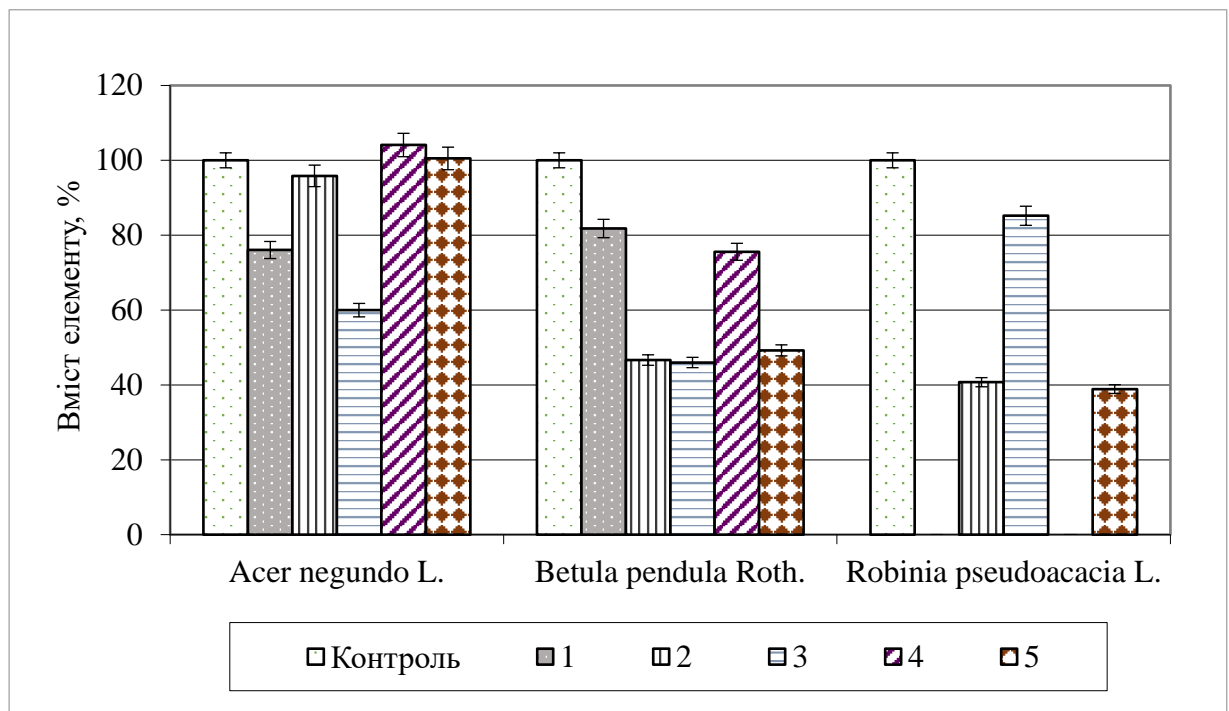


Рис. 4.18. Відносний вміст кальцію (Ca) в листі деревних видів рослин, що природно поширені на девастрованих землях Петровського відвалу

Для комплексної оцінки успішного існування деревних рослин на девастрованих землях Криворіжжя, важливим є визначення вмісту фосфору в листі дерев, оскільки саме він приє утворенню кореневої системи, приймає участь у процесах дихання, біосинтезі складних вуглеводів, фотосинтезі та інших процесах росту і розвитку рослин, пом'якшує дію посухи і низьких температур взимку, підвищує стійкість рослин до хвороб [68].

Встановлено, що вміст фосфору в листі був нижчим від контрольних значень (рис.4.19): на 21 – 61 % у клена ясенелистого і на 46 – 63 % у робінії звичайної. Концентрація цього елемента в листі берези повислої у більшості випадків (ділянки II, II, IV) була на 44 – 54% нижче контрольних значень, але на ділянці V – фактичний вміст фосфору був об'єктивно вище контролю на 55%.

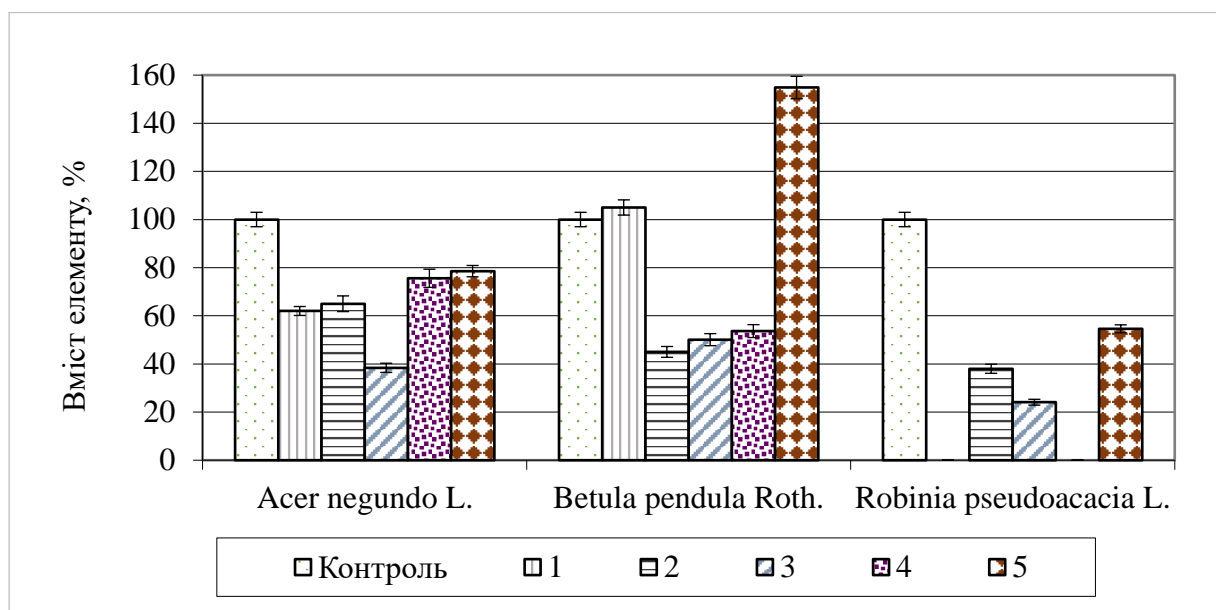


Рис. 4.19. Відносний вміст фосфору (P) в листі деревних видів рослин, що природно поширені на девастрованих землях Петровського відвалу

Результати проведеного біохімічного аналізу вказують на підвищення концентрації сірки на всіх дослідних ділянках Петровського залізорудного відвалу, порівняно з контрольними показниками у 2 – 12 разів (рис.4.20).

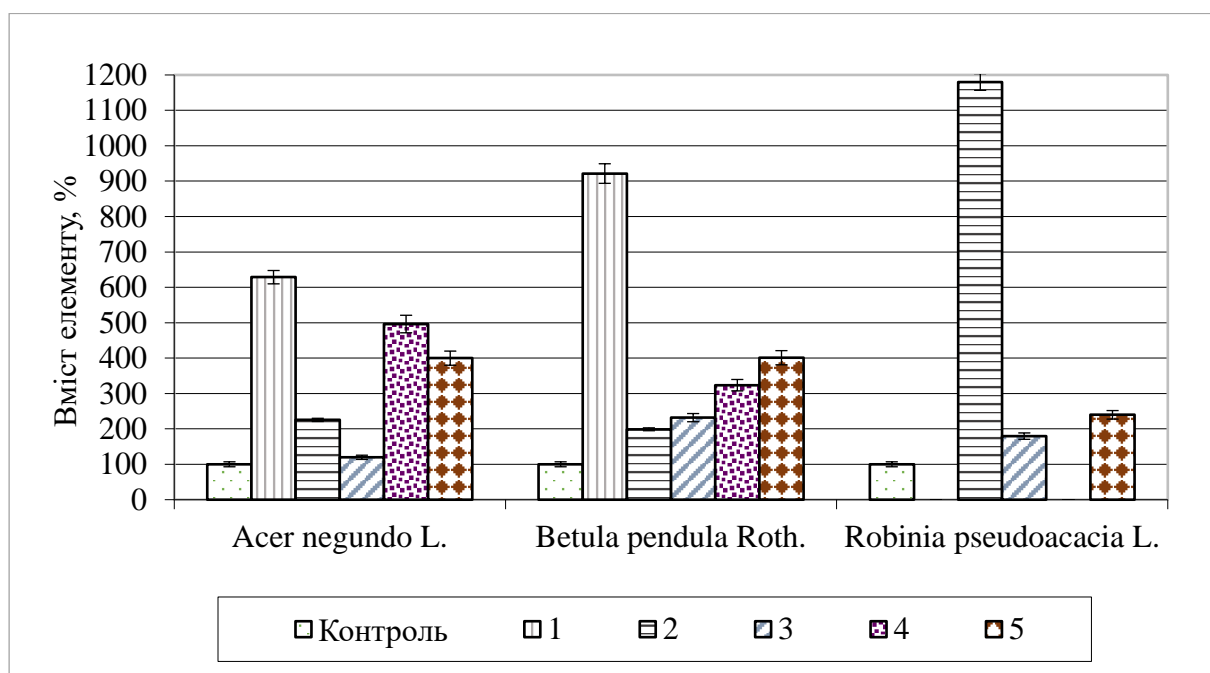


Рис. 4.20. Відносний вміст сірки (S) в листі деревних видів рослин, що природно поширені на девастрованих землях Петровського відвалу

Отже, проведені дослідження вмісту поживних макронутрієнтів в листі деревних видів рослин, які зростають на дегазованих землях Петровського відвалу дозволяють зробити наступні висновки: має місце значний дефіцит калію, кальцію та фосфору. Також слід зазначити, що в рослинних зразках є надлишок концентрації магнію та сірки.

4.5.2. Вміст важких металів в листі деревних видів рослин, що природно поширені на дегазованих землях Петровського відвалу

Як відомо, ґрунт має здатність накопичувати різноманітні забруднюючі речовини, наприклад важкі метали, які можуть засвоюватися рослинами, інтегрувавшись у трофічні ланцюги. Ступінь та характер негативного впливу важких металів на рослини залежать від їх токсичності, концентрації у навколишньому середовищі та тривалості впливу, а також від біологічних особливостей виду та вікового стану рослин. Однак, деякі рослинні угруповання здатні проявляти стійкість до забруднення ґрунтів, що дає підстави використовувати їх як біоіндикатори [62, 69, 78, 95]. Тому, при оцінці еколого-біологічних особливостей деревної рослинності, що зростає на дегазованих землях Криворіжжя, необхідно приділяти увагу вивченню вмісту важких металів у листі рослин.

Оцінюючи отримані дані по вмісту заліза металів у листках клена ясенелистого (*Acer negundo* L.), берези повислої (*Betula pendula* Roth.) та робінії звичайної (*Robinia pseudoacacia* L.), виявлено, що концентрація цього металу значно перевищує контрольні показники, що обумовлено особливостями криворізького залізорудного відвалу (рис. 4.21, Додаток Д).

Середні концентрації цього металу в листі дерев, що зростають на дегазованих землях відвалу, вище контрольних значень: робінії звичайної в 1,7 – 2,4 рази, берези повислої в 1,9 – 4,0 рази, клена ясенелистого в 1,2 – 5,0 рази.

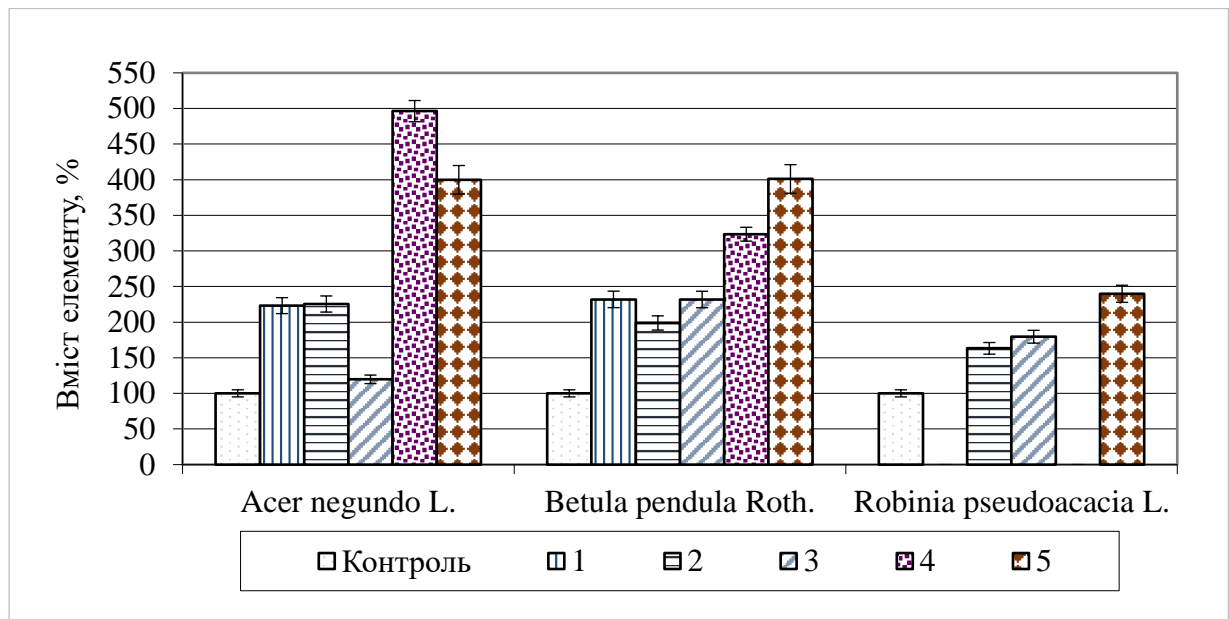


Рис. 4.21. Відносний вміст заліза (Fe) в листі деревних видів рослин, що природно поширені на девастрованих землях Петровського відвалу

Хімічний склад рослин відбиває елементний склад ґрунтів, але не повторює його, оскільки вони вибірково поглинають необхідні елементи відповідно до фізіологічних та біохімічних потреб. Як правило, важкі метали накопичуються в асиміляційних органах рослин [76, 77].

Аналіз отриманих результатів показав, що ґрунти девастрованих земель залізорудного відвалу характеризуються високим рівнем забруднення важкими металами.

Вміст марганцю перевищує контрольні значення в листі робінії звичайної (у 2,7-8,1 рази і в берези повислої (у 13-49 разів ($P < 0,05$)). Надлишок марганцю, як і його дефіцит, негативно впливає на розвиток рослинного організму. За даними наших досліджень виявлено різнонаправлені показники цього металу в листі клена ясенелистого: підвищення концентрацій на ділянках I та II в 1,5-1,7 разів та зниження його вмісту на ділянках III і IV на 15-19 % (рис. 4.22, Додаток Д).

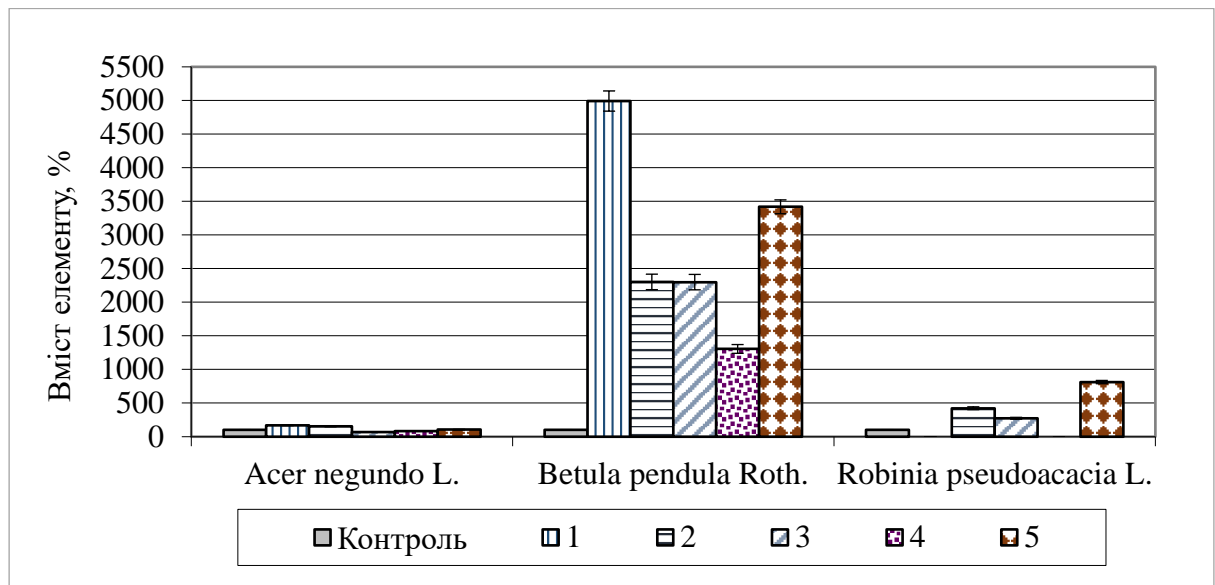


Рис. 4.22. Відносний вміст марганцю (Mg) в листі деревних видів рослин, що природно поширені на девастрованих землях Петровського відвалу

Встановлено, що концентрація цинку в листі дерев перевищує контрольні показники: у клена ясенелистого на 11 – 19 %, у робінії звичайної – у 1,4 рази, у берези повислої у 1,7 – 3,2 рази (рис. 4.23, Додаток Д). Однак, на III пробній ділянці загальний вміст цинку виявився нижчим, ніж концентрація цього металу на контрольній ділянці (Гурівський ліс): в листі клена ясенелистого – на 37 %, у зразках робінії звичайної – на 48 %.

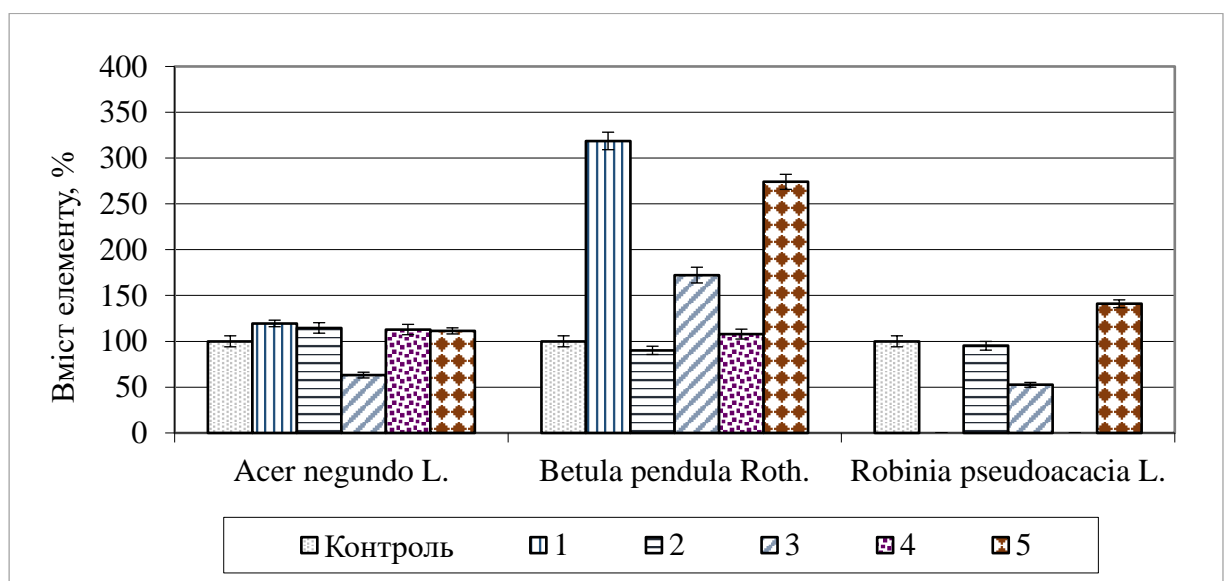


Рис. 4.23. Відносний вміст цинку (Zn) в листі деревних видів рослин, що природно поширені на девастрованих землях Петровського відвалу

Встановлено, що у листі робінії звичайної статистично достовірне лише накопичення міді. Концентрація цього металу в 1,2 – 2,3 рази вище за контрольні значення (рис. 4.24, Додаток Д).

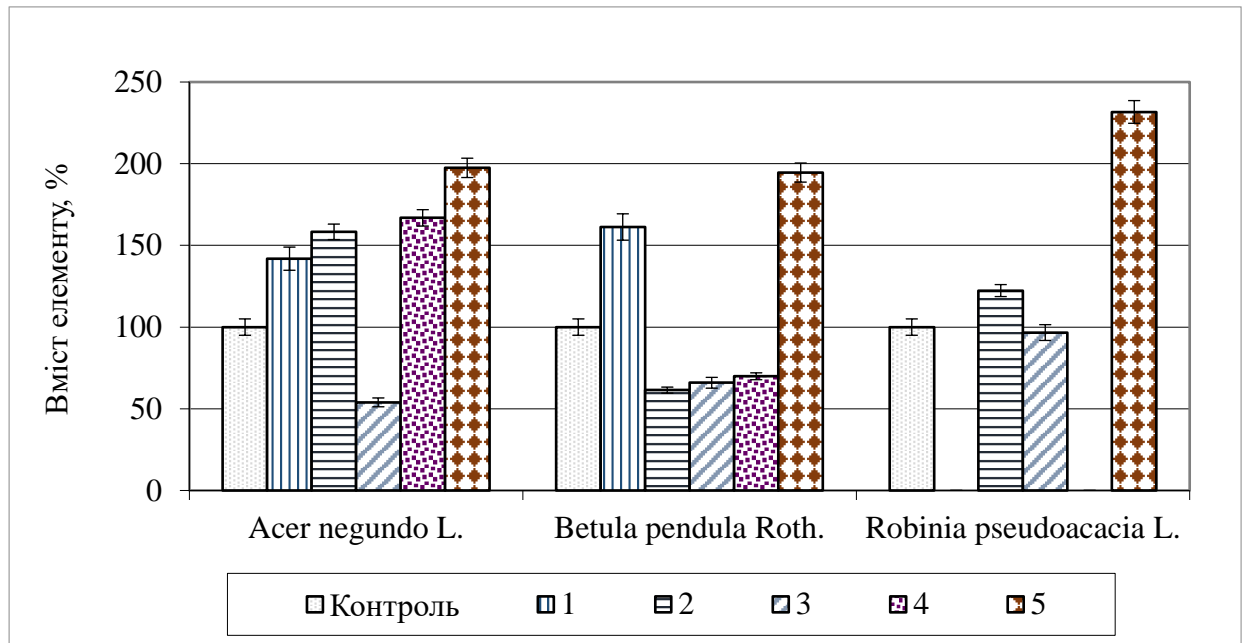


Рис. 4.24. Відносний вміст міді (Cu) в листі деревних видів рослин, що природно поширені на девастрованих землях Петровського відвалу

У листі інших видів дерев виявлено як високий, так і низький вміст міді. Так, концентрації цього металу перевищують контрольні значення: в 1,4–2,0 рази на ділянках I, II, III і V у клена ясенелистого, в 16,9 рази на ділянках I і V у берези повислої. Одночасно вміст міді в листі був нижчим від контрольних значень: на 46 % на ділянці III у клена ясенелистого, на 31–39 % на ділянках III та IV у рослинних зразках берези повислої.

Отримані результати свідчать підвищення концентрації свинцю в листі берези повислої на всіх ділянках більше контрольних значень у 1,6 – 2,3 рази. В листі клену ясенелистого на ділянках I, II, IV і V також в 1,5–2,3 також вище контрольних значень. Необхідно зауважити, на третій ділянці вміст цього металу на 23% нижче за контроль (рис. 5.25, Додаток Д).

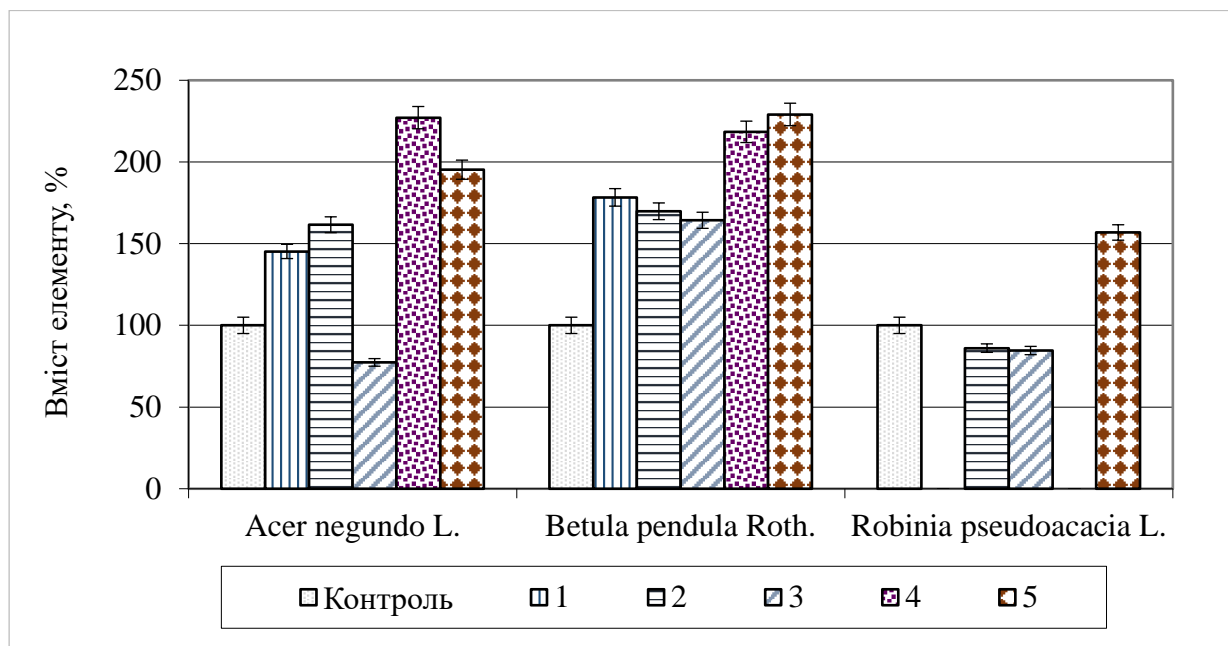


Рис. 5.25. Відносний вміст свинцю (Pb) в листі деревних видів рослин, що природно поширені на девастрованих землях Петровського відвалу

У листі Робінії звичайної накопичення свинцю виявлено лише на ділянці V, де його вміст у 1,6 рази перевищує показники контрольної ділянки. Одночасно на ділянках III і IV концентрації цього металу зменшуються від контрольного рівня на 14 – 16 %.

За результатами наших досліджень, вміст кадмію в листі деревних рослин перевищує контрольні значення, а саме: зафіксовано його збільшення порівняно з контролем у 9 – 25 разів в листі берези повислої та в 5,4 – 6,6 рази у робінії звичайної (рис. 4.26, Додаток Д). Показники накопичення кадмію в зразках клена ясенелистого також відрізняються статистично достовірним збільшенням накопиченням цього металу в 5,4 – 6,6 рази, порівняно з контрольними значеннями.

Також необхідно зауважити, що на ділянці III Петровського залізрудного відвалу, концентрації цього металу характеризуються дещо іншими показниками накопичення: вміст кадмію в листі клена ясенелистого та робінії звичайної на 32 – 45% нижче від контролю.

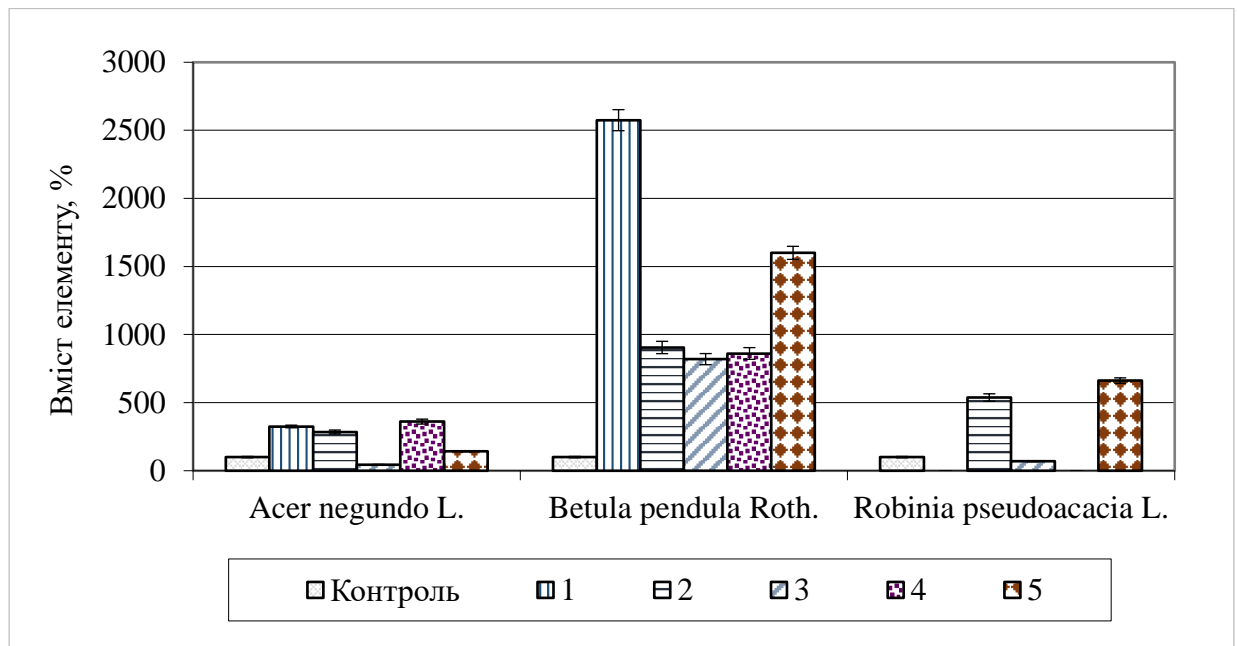


Рис. 4.26. Відносний вміст кадмію (Cd) в листі деревних видів рослин, що природно поширені на девастрованих землях Петровського відвалу

Представлені вище результати дослідження накопичення вегетативними органами рослин *Acer negundo* L., *Betula pendula* Roth. та *Robinia pseudoacacia* L. іонів важких металів, дозволяють зробити наступні висновки: ріст і розвиток дерев на девастрованих землях відбувається при явному надлишку важких металів (особливо Fe, Mn і Zn). Враховуючи виявлені значення оптимальних концентрацій макроелементів та виявлений найменший вміст важких металів у листі деревних видів, припускаємо, що клен ясенелистий (*Acer negundo* L.) та робінія звичайна (*Robinia pseudoacacia* L.), порівняно з березою повислою (*Betula pendula* Roth.) більш стійкі до геохімічних умов девастрованих земель.

Висновки до розділу 4

Проведено експериментальні дослідження та їх узагальнення, визначено, що в умовах техногенного навантаження, деревно-чагарникові рослинні угруповання характеризуються потужною реакцією на складні умови девастрованих земель:

- Одним із показників стабільності розвитку рослинного організму є флуктуюча асиметрія (ФА), як індикатор сану природних популяцій. Результати досліджень свідчать, що величина флуктуючої асиметрії для берези повислої (*Betula pendula* Roth.), що природно поширена на девастрованих землях Петровського відвалу становить 0,0556, що свідчить про наближення екологічного стану до передкритичного рівня. Після підрахунку середніх значень інтегральних показників ФА за усіма майданчиками, встановили, що найбільш чутливою ознакою до несприятливих умов девастрованих земель є відстань між основами першої та другої жилки другого порядку (0,132), а найбільш стабільною – друга ознака (довжина другої жилки другого порядку від основи листка), що складає – 0,024.
- Екологічні умови девастрованих земель Петровського залізничного відвалу обумовлюють зменшення концентрації хлорофілу (на 25 – 65 %) у листках дерев, що природно зростають на його теренах та зумовлюють зміну співвідношення фотосинтезуючих пігментів у листках деревних рослин. У всіх досліджуваних зразках, виявлено вплив умов місцезростання на кількісні та якісні характеристики хлорофілів *a* і *b*, що свідчить про порушення процесу фотосинтезу. Аналіз вмісту та стабільності співвідношення хлорофілів *a* і *b* в листках дозволили нам впорядкувати деревні види у наступний ряд зменшення стійкості до екологічних умов відвалу: *Betula pendula* Roth. > *Robinia pseudoacacia* L. > *Acer negundo* L.
- В ході досліджень було встановлено загальний вміст фенольних сполук в листках *Acer negundo* L., *Robinia pseudoacacia* L. та *Betula pendula* Roth. У листках клена ясенелистого та робінії звичайної спостерігалось збільшення концентрацій фенолів відносно умовно чистих територій, відповідно, на 15–

65 % та 115–165 % ($P < 0,05$). У листках берези повислої вміст цих сполук був менший за контрольні значення на 10–28 % ($P < 0,05$). За вектором збільшення стійкості деревних видів рослин до екологічних умов девастрованих земель Петровського залізорудного відвалу встановлений такий ряд упорядкування: береза повисла > клен ясенелистий > робінія звичайна.

- Надано геохімічну оцінку ґрунтів девастрованих територій Петровського відвалу за вмістом поживних речовин та важких металів. Концентрації калію і натрію в ґрунтах техногенно порушених земель в основному знаходяться на рівні контрольних значень. У ґрунтах усіх дослідних ділянок виявлено перевищення вмісту сірки (у 4 – 5 разів вище контрольного). Концентрація кальцію, магнію і фосфору в ґрунтах девастрованих земель свідчить про значний дефіцит цих макронутрієнтів (на 25 – 40% нижче контрольного рівня). І лише подекуди їх концентрація вибірково перевищує контрольні показники. Високий вміст валових форм заліза, марганцю, міді, кадмію, а в деяких випадках і цинку, також слід віднести до несприятливих умов девастрованих земель Петровського відвалу. Концентрації цих металів на дослідних ділянках перевищують контрольні значення в 5,5 – 5,9 разів.
- Вміст макронутрієнтів (K, Ca, Mg, P, S) та важких металів (Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Cd) у листках *Acer negundo* L., *Robinia pseudoacacia* L. та *Betula pendula* Roth свідчить про складні екологічні умови девастрованих земель Петровського відвалу. Ріст і розвиток дерев на техногенно порушених територіях відбувається при явному дефіциті поживних речовин (особливо K і P) і надлишку металів (особливо Fe, Mn і Zn).

Результати проведених досліджень є досить інформативними, оскільки вони дозволяють оцінити стан деревно-чагарникових рослинних угруповань, що природно поширені на девастрованих землях Криворіжжя, адже вони індикують екологічні умови місцезростань. Отримані дані можуть бути використані при складанні проектів оптимізації порушених ландшафтів.

Матеріали розділу висвітлені у публікаціях:

1. Бєлик Ю.В., Савосько В. М., Лихолат Ю.В. Вміст хлорофілу в листках деревних видів рослин природно поширених на залізорудному відвалі як маркер екологічних умов девастрованих земель. Рослини та урбанізація: Матеріали сьомої Міжнародної науково-практичної конференції «Рослини та урбанізація» (Дніпро, 3 березня 2021 р.). Дніпро, 2021. С. 83–85.

2. Бєлик Ю.В., Савосько В.М., Лихолат Ю.В., Герман Хайльмайер. Екологічні особливості вмісту макронутрієнтів в листках деревних видів рослин девастрованих земель гірничо-металургійного регіону. Еко Форум – 2020 : збірка тез доповідей IV спеціалізованого міжнародного Запорізького екологічного форуму(Запоріжжя, 15 – 17 жовтня 2020 р.). Запоріжжя, 2020. 500 с.

3. Бєлик Ю.В., Савосько В.М., Лихолат Ю.В., Іжболдін О.О., Лихолат Т.Ю. Варіабельність умісту фенольних сполук у листках дерев, які природно поширені на девастрованих землях залізорудного відвалу. Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель. 2022. Том 51. С. 72-85.

4. Bielyk Y., Savosko V., Lykholat Y. et al. Macronutrients and heavy metals contents in the leaves of trees from the devastated lands at Kryvyi Rih District (Central Ukraine). Web of Conferences. (22 April 2020). 2020. Vol. 166. DOI: [//doi.org/10.1051/e3sconf/202016601011](https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016601011).

5. Savosko V., Bielyk Y., Lykholat Y. et al. The total content of macronutrients and heavy metals in the soil on devastated lands at Kryvyi Rih Iron Mining & Metallurgical District (Ukraine). Journal of Geology, Geography and Geoecology. 2021. № 30(1). P. 153–164. DOI: <https://doi.org/10.15421/112114>.

6. Bielyk Yu.V., Savosko V. M., Lykholat Yu. V. et al. Macronutrients and heavy metals contents in the leaves of trees from the devastated lands at Kryvyi Rih district (Central Ukraine). Ecological Bulletin of Kryvyi Rih District. 2019. № 5. P. 81–99. <https://doi.org/10.31812/eco-bulletin-krd.v5i0.4355>.

7. Savosko V.M., **Bielyk Y.V.**, Lykholat Y.V., Heilmeyer Assessment of heavy metals concentration in initial soils of post-mining landscapes in Kryvyi Rih District

(Ukraine). *Ekológia* (Bratislava). 2022. Vol. 41, No. 3, p. 201–211, DOI: <https://doi.org/10.2478/eko-2022-0020>.

8. Savosko V.M., Lykholat Y.V., Bielyk Y.V. Foresting of technogenic devastated lands as an effective factor for environmental safety at the mining & metallurgical district. In: Y.V. Lykholat (ed.). *Effects of pollution and climate change on the ecosystem componenets* Praha, Oktan Print, 2021. P.6–39. DOI: [10.46489/EOPACC-1204211](https://doi.org/10.46489/EOPACC-1204211).

РОЗДІЛ 5

ЕКОЛОГІЧНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ АДАПТАЦІЇ АБОРИГЕННИХ І ІНТРОДУКОВАНИХ ВИДІВ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН ДО ТЕХНОГЕННО ДЕВАСТОВАНИХ ЗЕМЕЛЬ КРИВОРІЗЬКОГО ТА ЗАХОДИ ЇХ ФІТООПТИМІЗАЦІЇ

5.1. Інтегральна характеристика флористичного ядра деревних видів рослин природно поширених на техногенно девастрованих землях

Як відомо, більшість термінів, які використовуються в біології, мають однозначне трактування. Так за визначенням Я.П. Дідуха, «флористичне ядро» включає основні види рослин усіх наявних ярусів, які відіграють важливу роль у формуванні угруповання та гармонують з умовами місцезростання [304]. Загальний видовий склад рослинного угруповання дає уявлення про різноманітність компонентів, тоді як флористичне ядро відповідає рівню розвитку фітоценозу та умовам для росту і розвитку рослин у даному середовищі. На девастрованих землях флористичний комплекс (ядро) є результатом тривалого процесу самозаростання порушених територій [265, 347].

З теоретичної точки зору поняття «флористичне ядро» дає змогу зрозуміти провідні закономірності формування флори та рослинності значних територіях, а також їх динаміку за умов негативного впливу певних чинників (зокрема зміни клімату та техногенезу).

З практичної точки зору поняття «флористичне ядро» надає можливість з'ясувати закономірності відновлення флори та рослинності на теренах, що зазнали критичних змін [264, 265, 433, 441, 459]. Крім того, поняття «флористичне ядро» з успіхом використовується для з'ясування закономірностей відновлення рослинності за умов наявності / припинення антропогенного впливу (забруднення довкілля, перелогових сукцесії та самозаростання техногенно девастрованих земель).

В наш час виділення флористичного ядра на окремих територіях здійснюється за показниками наявності видів рослин в межах переважної кількості моніторингових ділянок. Крім того, флористичне ядро також виділяється за кількісними показниками: накопичення наземної фітомаси (трав'янисті види), запасів стовбурної деревини (деревні види) на одинцю площі. На нашу думку, для техногенно дегазованих земель при виділенні флористичного ядра доцільно використовувати два зазначених вище підходи.

5.1.1. Обґрунтування флористичного ядра за показниками кількості моніторингових ділянок, на яких вид був зареєстрований

Деревно-чагарникові види, які природно зростають на дегазованих землях, характеризуються різноманітною поширеністю. За нашими спостереженнями, в межах лише однієї моніторингової ділянки зустрічаються десять видів, або 18 % від загальної кількості видів (табл. 5.1).

На 10-20 % моніторингових ділянок трапляється вісім видів (14,8 %): ірга звичайна (*Amelanchier ovalis* Medik.), глід криваво-червоний (*Crataegus sanguinea* Pall.), бирючина звичайна (*Ligustrum vulgare* L.), тополя дельтолиста (*Populus deltoides* Marshall), тополя італійська (*Populus italica* Moench.), слива розлога, алича (*Prunus divaricata* Ledeb.), клен гостролистий (*Acer platanoides* L.), клен татарський (*Acer tataricum* L.).

Встановлено, що лише сім видів (13 % від загальної кількості видів) поширена на 20-40 % моніторингових ділянок. До переліку таких видів відносять: вишня магалебка (*Cerasus mahaleb* (L.) Mill.), скумпія звичайна (*Cotinus coggygria* Scop.), ясень звичайний (*Fraxinus excelsior* L.), яблуня домашня (*Malus domestica* Borkh.), шовковиця чорна (*Morus nigra* L.), тополя чорна, осокір (*Populus nigra* L.) та груша звичайна (*Pyrus communis* L.) (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

**Обґрунтування флористичного ядра видів деревних рослин,
природно поширених на техногенно деєастованих землях Криворіжжя,
за показниками кількості моніторингових ділянок,
на яких вид був зареєстрований**

№ з/п	Вид	Кількість моніторингових ділянок, на яких було зареєстровано вид		Кількість моніторингових ділянок, на яких вид був зареєстрований у певної кількості						Категор ія пошире ння виду
				до 5 особин		5 – 30 особин		більше 30 особин		
		шт.	%	шт.	%	шт .	%	шт.	%	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	<i>Acer negundo</i>	43	76,8	11	25,58	17	39,53	15	34,88	IV
2	<i>Acer platanoides</i>	11	19,6	7	63,64	2	18,18	2	18,18	I
3	<i>Acer pseudoplatanus</i>	4	7,1	3	75,00	1	25,00	0	0	I
4	<i>Acer tataricum</i>	9	16,1	7	77,78	1	11,11	1	11,11	I
5	<i>Ailanthus altissima</i>	2	3,6	1	50,00	1	50,00	0	0	I
6	<i>Amelanchier ovalis</i>	6	10,7	2	33,33	2	33,33	2	33,33	I
7	<i>Armeniaca vulgaris</i>	38	67,8	19	50,00	16	42,11	3	7,89	IV
8	<i>Betula pendula</i>	4	7,1	0	0	1	25,00	3	75,00	I
9	<i>Cerasus avium</i>	1	1,8	1	100,0	0	0	0	0	I
10	<i>Cerasus vulgaris</i>	2	3,6	2	100,0	0	0	0	0	I
11	<i>Cerasus mahaleb</i>	22	39,3	4	18,18	6	27,27	12	54,54	II
12	<i>Colutea arborescens</i>	1	1,8	1	100,0	0	0	0	0	I
13	<i>Cotinus coggygria</i>	15	26,8	8	53,33	5	33,33	2	13,33	II
14	<i>Crataegus sanguinea</i>	7	12,5	5	71,43	1	14,29	1	14,29	I
15	<i>Crataegus fallacina</i>	2	3,6	2	100,0	0	0	0	0	I
16	<i>Crataegus pentagyna</i>	5	8,9	4	80,00	1	20,00	0	0	I
17	<i>Elaeagnus angustifolia</i>	43	76,8	12	27,90	24	55,81	7	16,28	IV
18	<i>Frangula alnus</i>	1	1,8	1	100,0	0	0	0	0	I
19	<i>Fraxinus excelsior</i>	16	28,6	15	93,75	1	6,25	0	0	I
20	<i>Gleditsia triacanthos</i>	3	5,4	3	100,0	0	0	0	0	I

Продовження таблиці 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
21	<i>Hippophae rhamnoides</i>	2	3,6	2	100,0	0	0	0	0	I
22	<i>Juglans regia</i>	23	41,1	22	95,65	1	4,35	0	0	II
23	<i>Ligustrum vulgare</i>	6	10,7	4	66,67	2	33,33	0	0	I
24	<i>Lonicera tatarica</i>	5	8,9	4	80,00	1	20,00	0	0	I
25	<i>Malus domestica</i>	17	30,4	16	94,12	1	5,88	0	0	II
26	<i>Malus silvestris</i>	1	1,8	0	0	1	100,0	0	0	I
27	<i>Morus alba</i>	1	1,8	1	100,0	0	0	0	0	I
28	<i>Morus nigra</i>	12	21,4	11	91,67	1	8,33	0	0	II
29	<i>Pinus pallasiana</i>	1	1,8	1	100,0	0	0	0	0	I
30	<i>Populus alba</i>	4	7,1	3	75,00	0	0	1	25	I
31	<i>Populus bolleana</i>	1	1,8	1	100,0	0	0	0	0	I
32	<i>Populus canescens</i>	15	26,8	9	60,0	6	40,00	0	0	II
33	<i>Populus deltoideas</i>	7	12,5	2	28,57	4	57,14	1	14,29	I
34	<i>Populus italica</i>	10	17,9	5	50,00	5	50,00	0	0	I
35	<i>Populus nigra</i>	17	30,4	7	41,18	7	41,18	3	17,64	II
36	<i>Persica vulgaris</i>	3	5,4	3	100,0	0	0	0	0	I
37	<i>Prunus domestica</i>	1	1,8	1	100,0	0	0	0	0	I
38	<i>Prunus divaricata</i>	7	12,5	7	100,0	0	0	0	0	I
39	<i>Prunus spinosa</i>	2	3,6	0	0	2	100,0	0	0	I
40	<i>Pyrus communis</i>	16	28,6	13	81,25	2	12,5	1	6,25	II
41	<i>Quercus robur</i>	3	5,4	2	66,67	1	33,33	0	0	I
42	<i>Robinia pseudoacacia</i>	38	67,9	12	31,58	11	28,95	15	39,47	IV
43	<i>Robinia viscosa</i>	1	1,8	0	0	0	0	1	100,0	I
44	<i>Rosa canina</i>	40	71,4	13	32,5	19	47,5	8	20,00	IV
45	<i>Salix fragilis</i>	1	1,8	1	100,0	0	0	0	0	I
46	<i>Sambucus nigra</i>	3	5,4	1	33,33	1	33,33	1	33,33	I
47	<i>Sorbus aucuparia</i>	4	7,1	3	75,00	1	25,00	0	0	I
48	<i>Sorbus torminalis</i>	2	3,6	2	100,0	0	0	0	0	I
49	<i>Syringa vulgaris</i>	5	8,9	3	60,00	2	40,00	0	0	I
50	<i>Swida sanguinea</i>	29	51,8	15	51,72	13	44,83	1	3,45	III
51	<i>Ulmus pumila</i>	37	66,1	15	40,54	16	43,24	6	16,22	IV
52	<i>Ulmus laevis</i>	34	60,7	18	52,94	10	29,41	6	17,65	IV
53	<i>Ulmus minor</i>	37	66,1	11	29,73	13	35,14	13	35,14	IV
54	<i>Viburnum opulus</i>	2	3,6	2	100,0	0	0	0	0	I

Примітка: категорії поширення видів по ділянкам: I категорія – 0-20 %, II – 20-40 %, III – 40-60 %, IV – 60-80 %, V – 80-100 %.

Данні таблиці 5.1 свідчать, два види (3,7 %) зустрічаються на 40–60 % моніторингових ділянок. Це такі види як: горіх волоський, грецький (*Juglans regia* L.), свидина криваво-червона (*Swida sanguinea* (L.)Opiz). На 60–80% моніторингових ділянок зустрічаються вісім видів (14,8 %). Їх перелік включає: клен ясенелистий (*Acer negundo* L.), абрикос звичайний (*Armeniaca vulgaris* Lam.), маслинка вузьколиста (*Elaeagnus angustifolia* L.), шипшина собача, звичайна (*Rosa canina* L.), робінія звичайна (*Robinia pseudoacacia* L.), в'яз карликовий/низький (*Ulmus pumila* L.), в'яз гладкий (*Ulmus laevis* Pall.) та в'яз малий/польовий, берест (*Ulmus minor* Mill.).

Отже, враховуючи кількість ділянок, де зустрічається окремий вид та кількість екземплярів окремих видів в межах дослідних ділянок, можна виокремити флористичне ядро видів деревних рослин, природно поширених на техногенно дегазованих землях Криворіжжя. Перелік ядра: *Acer negundo* L., *Ulmus pumila* L., *Armeniaca vulgaris* Lam., *Ulmus laevis* Pall., *Swida sanguinea* (L.)Opiz), *Cerasus mahaleb* (L.) Mill., *Elaeagnus angustifolia* L., *Juglans regia* L., *Rosa canina* L., *Populus nigra* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Fraxinus excelsior* L., *Cotinus coggygria* Scop., *Ulmus minor* Mill., *Malus domestica* Borkh., *Populus x canescens* (Ait.) Smith, та *Pyrus communis* L. За показниками кількості дослідних ділянок, де зустрічається вид та в якій кількості, можна виокремити домінантні види флористичного ядра дегазованих земель Криворіжжя: *Acer negundo* L., *Elaeagnus angustifolia* L., *Rosa canina* L., *Robinia pseudoacacia* L. та *Ulmus minor* Mill.

5.1.2. Обґрунтування флористичного ядра за показниками запасів стовбурної деревини

Як нами раніше зазначалося, на техногенно дегазованих землях Криворіжжя спочатку були закладені моніторингові ділянки (мінімальний розмір 150 м на 150 м), де вивчали видовий склад та закономірності поширення деревних видів рослин. Надалі в їх межах на площинах з максимальною густотою природних деревостанів додатково було закладено дослідні ділянки (з мінімальним розміром 40 м на 50 м), де для кожного екземпляра деревної рослини з діаметром стовбуру понад 5 см

вимірювали висоту та обхват стовбура і в камеральних умовах обчислювали дендрометричні параметри, зокрема їх показники запасів стовбурної деревини.

Для з'ясування реального екопотенціалу деревних видів рослин, що природно поширені на девастрованих землях Криворіжжя, ми зробили повний таксаційний опис всіх дерев в межах пробних площ за показником запасу деревини. Оцінка найвищих показників продуктивності (запас стовбурної деревини на 1 га) також дозволила нам здійснити обґрунтування флористичного ядра деревних видів рослин (табл. 5.2).

Таблиця 5.2

**Обґрунтування флористичного ядра видів деревних рослин,
природно поширених на техногенно девастрованих землях Криворіжжя,
за показниками запасів стовбурної деревини**

№ з/п	Вид	Запаси стовбурної деревини		Категорія поширенн я виду
		куб. м на 1 га	%	
1	<i>Acer negundo</i>	9,5430	3,4937	II
2	<i>Acer platanoides</i>	0,0130	0,0048	I
3	<i>Acer pseudoplatanus</i>	0,1780	0,0652	I
4	<i>Acer tataricum</i>	0,0010	0,0004	I
5	<i>Ailanthus altissima</i>	1,8990	0,6952	I
6	<i>Armeniaca vulgaris</i>	34,1300	12,4951	IV
7	<i>Betula pendula</i>	1,3930	0,5100	I
8	<i>Cerasus mahaleb</i>	0,0380	0,0139	I
9	<i>Cotinus coggygria</i>	0,2270	0,0831	I
10	<i>Elaeagnus angustifolia</i>	21,5280	7,8815	III
11	<i>Fraxinus excelsior</i>	1,9350	0,7084	I
12	<i>Juglans regia</i>	1,7130	0,6271	I
13	<i>Malus domestica</i>	0,3810	0,1395	I
14	<i>Malus silvestris</i>	0,0720	0,0264	I
15	<i>Morus nigra</i>	0,7500	0,2746	I
16	<i>Persica vulgaris</i>	0,0030	0,0011	I
17	<i>Populus alba</i>	0,3990	0,1461	I
18	<i>Populus canescens</i>	2,7710	1,0145	II
19	<i>Populus italica</i>	0,6470	0,2369	I
20	<i>Populus nigra</i>	40,3570	14,7749	IV
21	<i>Pupulus deltoideas</i>	9,8550	3,6080	II
22	<i>Pyrus communis</i>	2,9430	1,0774	II

Продовження таблиці 5.2

23	<i>Quercus robur</i>	0,1310	0,0480	I
24	<i>Robinia pseudoacacia</i>	53,3420	19,5288	V
25	<i>Salix fragilis</i>	0,1000	0,0366	I
26	<i>Sorbus aucuparia</i>	0,3640	0,1333	I
27	<i>Swida sanguinea</i>	0,0470	0,0172	I
28	<i>Ulmus pumila</i>	30,8500	11,2943	III
29	<i>Ulmus laevis</i>	51,7070	18,9302	V
30	<i>Ulmus minor</i>	5,8290	2,1340	II

Примітка: I категорія поширення виду має показники питомої ваги запасів стовбурної деревини від 0 до 1,0 %; II категорія – від 1,0 до 7,8 %; III категорія – від 7,8 до 11,8 %; IV категорія – від 11,8 до 15,7 %; V категорія – від 15,7 до 19,6 %.

За результатами наших розрахунків, до першої категорії поширення належить 19 видів деревних рослин, що становить 63,3 % від їх загальної кількості в межах дослідних ділянок. Проте загальна питома вага цих видів становить лише 3,8 % від суми запасів стовбурової деревини. До другої категорії поширення віднесено п'ять видів (16,7 %): *Populus x canescens* (Ait.) Smith, *Pyrus communis* L., *Ulmus minor* Mill., *Acer negundo* L., *Populus deltoides* Marshall. Їх загальна питома вага становила 11,3 % від суми запасів стовбурової деревини.

До третьої категорії поширення належать два види (6,7 %): *Elaeagnus angustifolia* L. та *Ulmus pumila* L., запаси стовбурної деревини яких складають 19,2 % від суми. Четверта категорія поширення представлена також двома видами: *Armeniaca vulgaris* Lam. та *Populus nigra* L., разом їх питома вага становила 27,3 % від суми запасів стовбурової деревини. До п'ятої категорії поширення належать: *Ulmus laevis* Pall. та *Robinia pseudoacacia* L. Для них характерний максимальний запас стовбурової деревини – 38,5 %.

Отже, на нашу думку за показниками запасів стовбурної деревини до переліку флористичного ядра деревних видів рослин, природно поширених на техногенно дегазованих землях Криворіжжя, слід віднести види II, III, IV та V категорій поширення. Зокрема, це: *Acer negundo* L., *Armeniaca vulgaris* Lam., *Elaeagnus angustifolia* L., *Populus x canescens* (Ait.) Smith, *Populus nigra* L., *Populus deltoides* Marshall., *Pyrus communis* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Ulmus pumila* L., *Ulmus laevis*

Pall. та *Ulmus minor* Mill. Також слід зазначити, що разом ці види деревних рослин сформували 96,2 % запасів стовбурової деревини в межах дослідних ділянок.

Аналіз проведених досліджень свідчить, що за запасом стовбурної деревини деревних рослин на техногенно порушених територіях, доцільно виокремити домінантні види флористичного ядра девастрованих земель Криворіжжя: *Robinia pseudoacacia* L., *Ulmus laevis* Pall., *Populus nigra* L., *Armeniaca vulgaris* Lam., *Ulmus pumila* L. та *Elaeagnus angustifolia* L.

5.1.3. Обґрунтування флористичного ядра деревних видів рослин, природно поширених на девастрованих землях Криворіжжя за сумарними показниками

За результатами проведених досліджень для визначення флористичного комплексу (ядра) деревних та чагарникових рослинних угруповань в умовах промислового Криворіжжя послідовно порівнювали поширення деревних видів рослин за двома методами, так нами був складений загальний перелік видів флористичного ядра (табл. 5.3).

При проведенні аналізу нами були використані наступні інформативні показники. Види деревних рослин внесені до флористичного ядра за двома методами одночасно автоматично відносилися до загального флористичного ядра. У разі віднесення виду до флористичного ядра лише за окремим методом, враховувалися додаткові характеристики поширення виду, а саме – кількість моніторингових ділянок, на яких вид був зареєстрований у кількості більше 30 особин.

Таблиця 5.3

**Обґрунтування виділення флористичного ядра деревних та чагарникових видів рослин, що природно поширені
на девастрованих землях Криворіжжя за загальними показниками**

№ з/п	Вид	Аналіз поширення виду за показниками кількості моніторингових ділянок, на яких вид був зареєстрований			Аналіз поширення виду за показниками запасів стовбурової деревини			Наявність виду у загальному флористичному ядрі
		Кількість ділянок, де наявний вид, %	Категорія виду	Наявність виду у флористичному ядрі	Запаси стовбурової деревини	Категорія виду	Наявність виду у флористичному ядрі	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	<i>Acer negundo</i>	76,8	IV	Так	3,9	II	Так	Так
2	<i>Acer platanoides</i>	19,6	I	Ні	< 0,01	I	Ні	Ні
3	<i>Acer pseudoplatanus</i>	7,1	I	Ні	0,07	I	Ні	Ні
4	<i>Acer tataricum</i>	16,1	I	Ні	0,01	I		Ні
5	<i>Ailanthus altissima</i>	3,6	I	Ні	0,72	I	Ні	Ні
6	<i>Amelanchier ovalis</i>	10,7	I	Ні	-			Ні
7	<i>Armeniaca vulgaris</i>	67,8	IV	Так	12,78	IV	Так	Так
8	<i>Betula pendula</i>	7,1	I	Ні	0,53	I	Ні	Ні
9	<i>Cerasus avium</i>	1,8	I	Ні	-			Ні
10	<i>Cerasus vulgaris</i>	3,6	I	Ні	-			Ні
11	<i>Cerasus mahaleb</i>	39,3	II	Так	0,01	I	Ні	Так
12	<i>Colutea arborescens</i>	1,8	I	Ні	-			Ні

Продовження таблиці 5.3

13	<i>Cotinus coggygia</i>	26,8	II	Так	0,09			I
14	<i>Crataegus sanguinea</i>	12,5	I	Hi	-			Hi
15	<i>Crataegus fallacina</i>	3,6	I	Hi	-			Hi
16	<i>Crataegus pentagyna</i>	8,9	I	Hi	-			Hi
17	<i>Elaeagnus angustifolia</i>	76,8	IV	Так	8,03	III	Так	Так
18	<i>Frangula alnus</i>	1,8	I	Hi	-			Hi
19	<i>Fraxinus excelsior</i>	28,6	II	Так	0,65	I	Hi	Так
20	<i>Gleditsia triacanthos</i>	5,4	I	Hi	-			Hi
21	<i>Hippophae rhamnoides</i>	3,6	I	Hi	-			Hi
22	<i>Juglans regia</i>	41,1	II	Так	0,64	I	Hi	Так
23	<i>Ligustrum vulgare</i>	10,7	I	Hi	-			Hi
24	<i>Lonicera tatarica</i>	8,9	I	Hi	-			Hi
25	<i>Malus domestica</i>	30,4	II	Так	0,35	I	Hi	Так
26	<i>Malus silvestris</i>	1,8	I	Hi	0,07	I	Hi	Hi
27	<i>Morus alba</i>	1,8	I	Hi	-			Hi
28	<i>Morus nigra</i>	21,4	II	Так	0,28	I	Hi	Так
29	<i>Pinus pallasiana</i>	1,8	I	Hi	-			Hi
30	<i>Populus alba</i>	7,1	I	Hi	0,15	I	Hi	Hi
31	<i>Populus bolleana</i>	1,8	I	Hi	-			Hi
32	<i>Populus canescens</i>	26,8	II	Так	1,04	I	Так	Так
33	<i>Populus deltoideas</i>	12,5	I	Hi	3,72	I	Так	Так
34	<i>Populus italica</i>	17,9	I	Hi	0,24	I	Hi	Hi

Продовження таблиці 5.3

35	<i>Populus nigra</i>	30,4	II	Так	13,62			IV
36	<i>Persica vulgaris</i>	5,4	I	Hi	< 0,01			I
37	<i>Prunus domestica</i>	1,8	I	Hi	-			Hi
38	<i>Prunus divaricata</i>	12,5	I	Hi	-			Hi
39	<i>Prunus spinosa</i>	3,6	I	Hi	-			Hi
40	<i>Pyrus communis</i>	28,6	II	Так	1,07	I	Так	Так
41	<i>Quercus robur</i>	5,4	I	Hi	0,05	I	Hi	Hi
42	<i>Robinia pseudoacacia</i>	67,9	IV	Так	20,04	V	Так	Так
43	<i>Robinia viscosa</i>	1,8	I	Hi	-			Hi
44	<i>Rosa canina</i>	71,4	IV	Так	-			Так
45	<i>Salix fragilis</i>	1,8	I	Hi	0,04	I	Hi	Hi
46	<i>Sambucus nigra</i>	5,4	I	Hi	-			Hi
47	<i>Sorbus aucuparia</i>	7,1	I	Hi	0,14	I	Hi	Hi
48	<i>Sorbus torminalis</i>	3,6	I	Hi	-			Hi
49	<i>Syringa vulgaris</i>	8,9	I	Hi	-			Hi
50	<i>Swida sanguinea</i>	51,8	III	Так	0,02	I	Hi	Так
51	<i>Ulmus pumila</i>	66,1	IV	Так	11,28	III	Так	Так
52	<i>Ulmus laevis</i>	60,7	IV	Так	18,90	V	Так	Так
53	<i>Ulmus minor</i>	66,1	IV	Так	2,05	I	Так	Так
54	<i>Viburnum opulus</i>	3,6	I	Hi	-			Hi

Отже, враховуючи одночасно кількість моніторингових ділянок, на яких вид був зареєстрований та запаси стовбурної деревини можна зробити висновок, що у дендрофітоценозах, які природно зростають на девастрованих землях Криворіжжя, флористичне ядро складають: *Acer negundo* L., *Armeniaca vulgaris* Lam., *Elaeagnus angustifolia* L., *Rosa canina* L., *Cotinus coggygria* Scop., *Robinia pseudoacacia* L., *Juglans regia* L., *Cerasus mahaleb* (L.) Mill., *Malus domestica* Borkh., *Populus x canescens* (Ait.) Smith, *Populus nigra* L., *Populus deltoides* Marshall., *Pyrus communis* L., *Morus nigra* L., *Swida sanguinea* (L.) Opiz, *Fraxinus excelsior* L., *Ulmus pumila* L., *Ulmus laevis* Pall. та *Ulmus minor* Mill.

5.1.4. Характеристика флористичного ядра деревно-чагарникових видів, що природно поширені на девастрованих землях

На основі камерального опрацювання матеріалів польових досліджень нами складено флористичне ядро дерев та чагарників, які природно зростають на девастрованих землях Криворізького залізорудного регіону, що включає 19 видів, які належать до 15 родів та 11 родин.

Провідними родинami флористичного ядра за кількістю видів та родів є такі 3 родини таксономічного спектру деревних та чагарникових рослин (перша цифра – кількість видів, в дужках відсоток загальної кількості видів, друга – кількість родів): Розові (Rosaceae) – 5 (26,32), 5 (31,25); Вербові (Salicaceae) – 3 (15,79), 1(6,25); В'язові (Ulmaceae) – 3 (15,79), 1(6,25). Усі провідні родини належать до відділу Покритонасінні (Magnoliophyta).

Перелічені родини охоплюють 51,85% загального таксономічного спектру видів по всім дослідним ділянкам девастрованих земель Криворіжжя (28 видів) та 44,11% таксономічного спектру родів (15 родів). Вісім родин таксономічного спектру флористичного ядра наведені 1 видом 1 роду (відповідно кожна 5,26% та 6,25%) (табл. 5.4).

Таблиця 5.4

**Спектри родин флористичного ядра деревних та чагарникових видів рослин,
що природно поширені на девастрованих землях Криворіжжя**

№ з/п	Родина	Кількість видів (n, абсолютна; %, частка участі)	
		n	%
1	Aceraceae	1	5,26
2	Anacardiaceae	1	5,26
3	Cornaceae	1	5,26
4	Elaeagnaceae	1	5,26
5	Fabaceae	1	5,26
6	Juglandaceae	1	5,26
7	Moraceae	1	5,26
8	Oleaceae	1	5,26
9	Rosaceae	5	26,32
10	Salicaceae	3	15,79
11	Ulmaceae	3	15,79
Разом	11	19	100

Отже, у таксономічному спектрі видів флористичного ядра та в загальному спектрі видів рослинних угруповань девастрованих земель Криворіжжя, відзначаємо домінування небагатьох родин (Rosaceae, Ulmaceae та Salicaceae).

Аналіз основних спектрів спектри біо- та екоморф ядра деревно-чагарникових видів девастрованих земель дозволить отримати різнопланові характеристики рослинних угруповань на фоні специфічних умов порушених територій. Вивчення актуального еколого-таксономічного складу деревно-чагарникових рослинних угруповань техногенно порушених територій, є вихідним етапом розробки заходів фітооптимізації, з метою відновлення девастрованих земель.

Проведений географічний аналіз флористичного комплексу техногенно зруйнованих земель вказує на її алохтоний характер (рис. 5.1). Встановлено, що апофітна фракція представлена 8 видами рослин, що складає 42,1 % від загальної кількості ядра. Серед апофітної фракції переважають геміапофіти – 5 видів рослин (62,5 %). Група випадкових апофітів становить 3 видів (37,5 %).

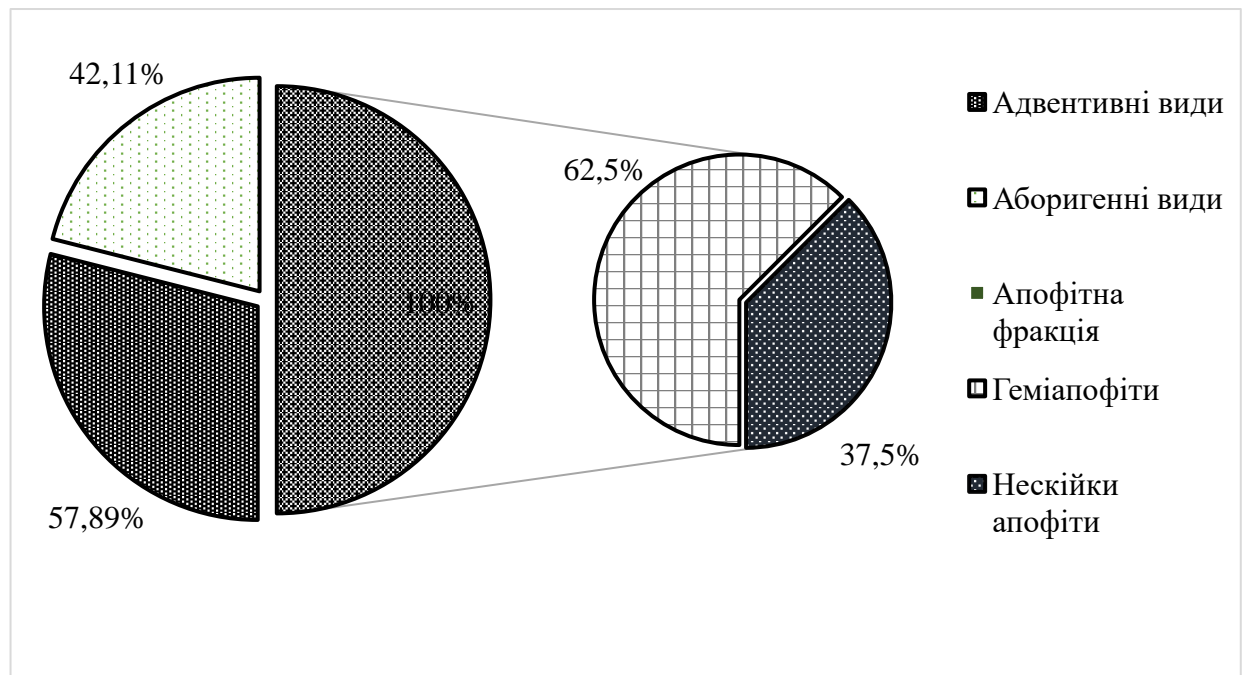


Рис. 5.1. Співвідношення аборигенної та адвентивної фракції флористичного ядра деревних та чагарникових рослин на девастрованих землях

Адвентивна фракція флористичного ядра охоплює 11 видів деревних та чагарникових рослин (57,9%), що належать до 10 родів та 8 родин. Як відомо, адвентивна флора, як алохтона фракція синантропної флори девастрованих земель Криворіжжя характеризується динамічним складом та потребує постійного спостереження з метою комплексного вивчення.

Всі адвентивні рослини флористичного комплексу було досліджено за ступенем натуралізації (агріофіти, епекофіти, ефемерофіти, колонофіти, ергазіофіти). Аналіз отриманих результатів показав, що у флорі девастрованих земель переважають ергазіофіти – 5 видів (45,5% адвентивного елементу флори), це

здебільшого здичавілі культивовані рослини, які локалізуються поблизу тих місць, де їх культивують.

Отримані дані узгоджуються з умовами розташування техногенно порушених територій, адже більша частина кар'єрів та відвалів знаходиться в межах міста або на його околицях, неподалік від дачних масивів. Епекофіти та агріофіти разом складають 54,% адвентивної фракції (рис. 5.2).

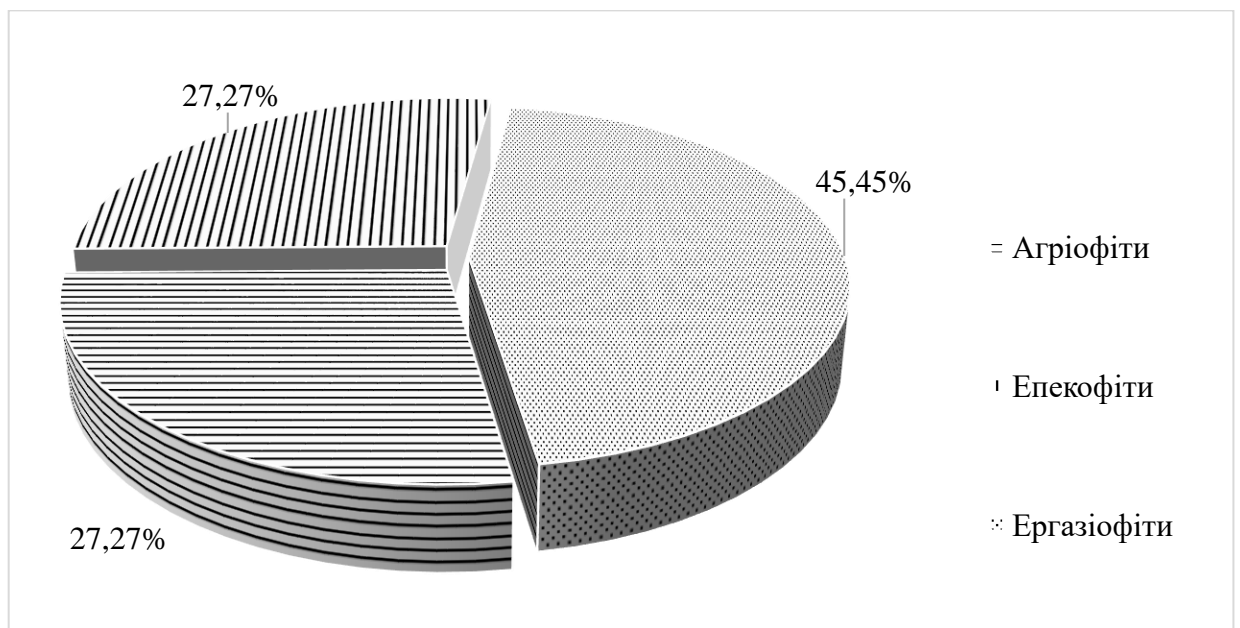


Рис. 5.2. Розподіл адвентивних рослин досліджуваного флористичного ядра деревних та чагарникових рослин за ступенем натуралізації

Відповідно до традиційної класифікації адвентивних рослин за часом заносу ця фракція флористичного ядра поділяється на три групи: археофіти, неофіти та еунеофіти. За результатами наших досліджень, пануючою ланкою виступають неофіти – 7 видів (63,64% адвентивного елементу флори ядра). Частка участі еунеофітів складає – 27,25%. Число археофітів – 1 вид (9,09% адвентивного елементу флори ядра) (рис. 5.3).

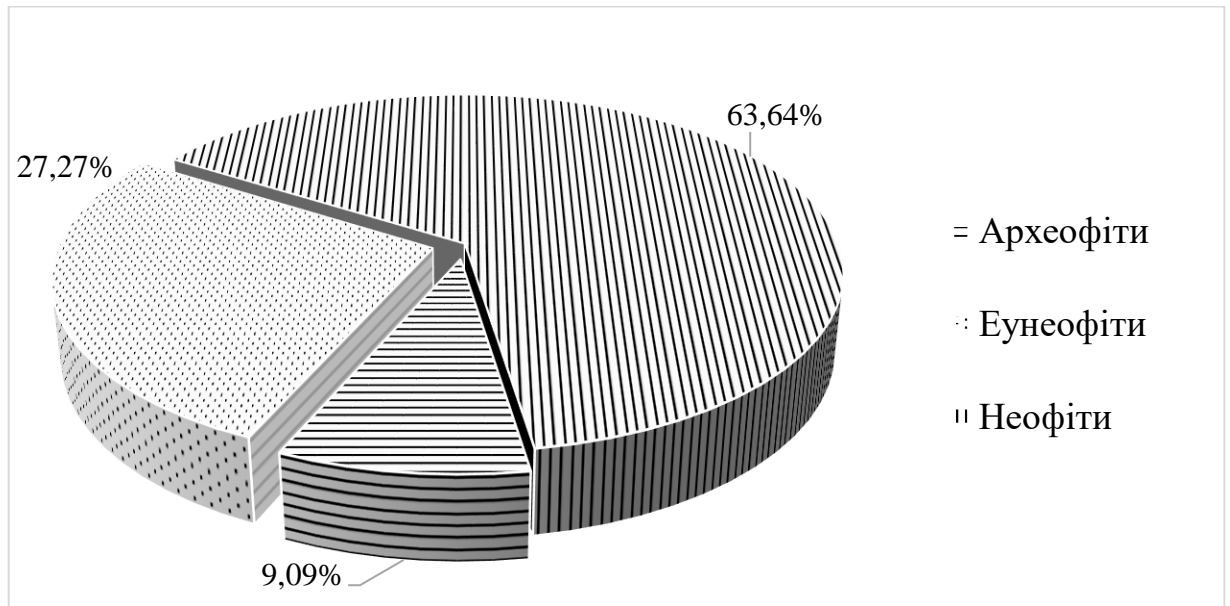


Рис. 5.3. Розподіл адвентивних рослин досліджуваного флористичного ядра деревних та чагарникових рослин за часом заносу

Аналіз адвентивних рослин флористичного ядра досліджуваних девастрованих земель за способом натуралізації, дозволив нам виокремити такі категорії: ксенофіти – 2 види (18,18% адвентивного елементу флори ядра) та ергазіофіти – 9 видів (81,82%)(рис. 5.4).

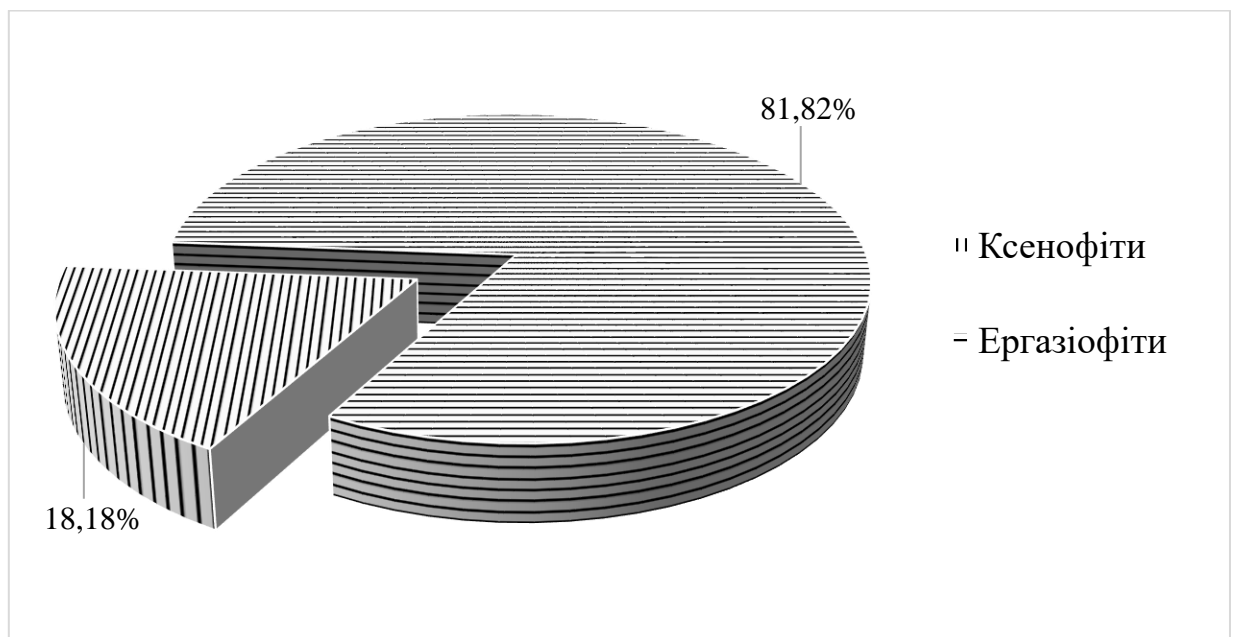


Рис. 5.4. Розподіл адвентивних рослин досліджуваного флористичного ядра деревних та чагарникових рослин за способом натуралізації

За флористичним районуванням Землі А. Л. Тахтаджяна [446, 465] проведено аналіз походження досліджуваних видів із флористичних областей Землі. Ареали 2 видів (10,53 % від флори ядра) дерев та чагарників, які природно зростають на девастованих землях Криворіжжя, розташовані в межах однієї флористичної області, тоді як 2 види (10,53%) природно поширені в межах двох областей, 12 видів (63,16 %) – трьох областей та 1 вид (5,25 %) – чотирьох областей. Також визначено 2 види, що є гібридами (10,53%), походження яких не визначено (рис. 5.5).

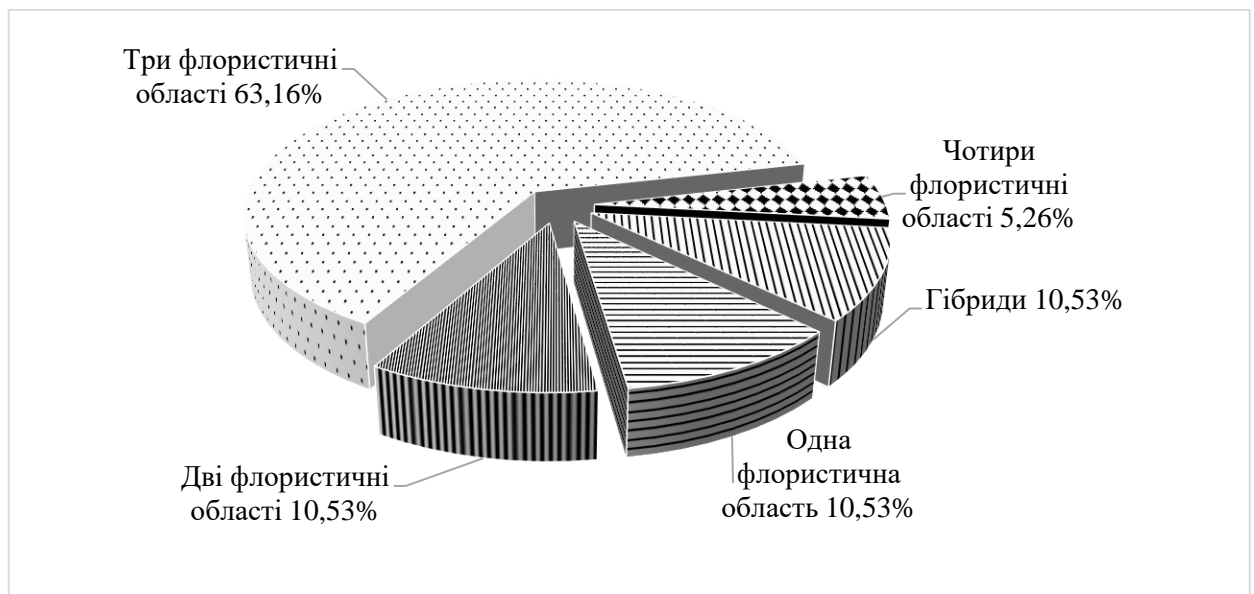


Рис. 5.5. Кількісний розподіл видів флористичного ядра деревних та чагарникових рослин за походженням із флористичних областей

Серед біогеографічних областей за кількістю видів, ареали яких розташовані в межах однієї області, Циркумбореальна та Мадреанська мають по одному виду. Вони мають обмежене географічне поширення і вузьку екологічну амплітуду.

Окрім цього, у дослідженій флорі ядра виявлено 2 види рослин, що поширені в Циркумбореально – Середземноморській та в Східноазійській – Ірано-Туранській. На контури Циркумбореальної, Середземноморської та Ірано-Туранської областей накладаються ареали 9 видів (75% серед видів природно поширених в межах трьох областей). Ще два види походять одночасно з Циркумбореальної, Атлантико-Північноамериканської та Мадреанської області (16,67%).

Комбінація Східноазійська, Середземноморська та Ірано-Туранська області, характерна для одного виду (8,33% серед видів природно поширених в межах трьох областей). Межі чотирьох флористичних областей Землі у різних комбінаціях охоплюють природні ареали двох видів. Зокрема, комбінація Циркумбореальна, Східноазійська, Середземноморська та Ірано-Туранська області, репрезентовані одним видом, така ж кількість походить із Циркумбореальної, Атлантико-Північноамериканської, Скелястих гір та Мадреанської областей.

Аналіз розподілу деревних та чагарникових видів дегазованих земель Криворіжжя за флористичними областями походження показав, що вони природно поширені у Бореальному, Давньосередземноморському, Мадреанському підцарствах Голарктичного царства. Отже, більша частина видів природного ядра дерев та чагарників, що природно поширені на дегазованих землях Криворіжжя, мають значну географічну амплітуду. Як відомо, найкращий потенціал адаптації мають широко ареальні види.

За нашими спостереженнями, в межах досліджених територій дегазованих земель Криворіжжя у флористичному ядрі виявлено переважання в кількості видів дерев (84,21%) порівняно з кількістю видів чагарників (15,79%) (рис. 5.6).

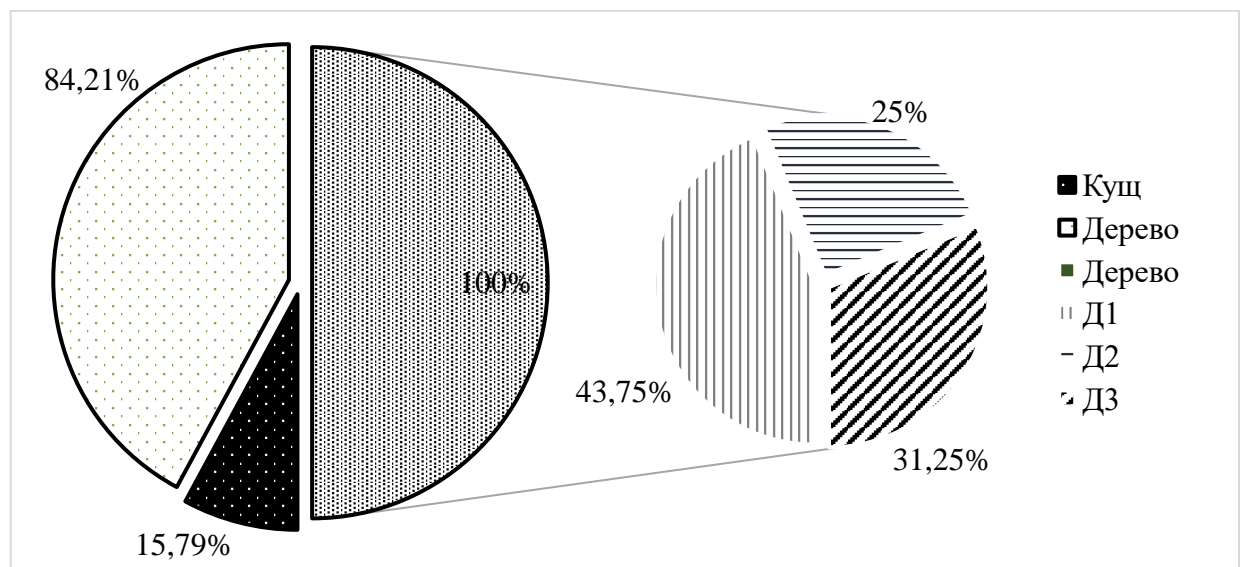


Рис. 5.6. Аналіз біоморфологічної структури флористичного ядра деревних та чагарникових рослин на дегазованих землях (Д1 – дерева першої величини, Д2 – дерева другої величини, Д3 – дерева третьої величини)

Визначено розподіл видів дерев та чагарників за класами висот: дерев першої величини – 7 видів, другої величини – 4, третьої – 5 видів. До класу високих чагарників належить 3 види рослин.

Дослідження екологотаксономічних спектрів є важливим етапом комплексного вивчення рослинних угруповань. Аналізуючи спектри гігоморф (рис. 5.7), відмічаємо панівну роль перехідних форм від мезофітів до ксерофітів, що свідчить про пристосованість рослин, адже саме екобіоморфологічна структура флори дозволяє визначити пристосування рослин до умов навколишнього середовища [139, 182].

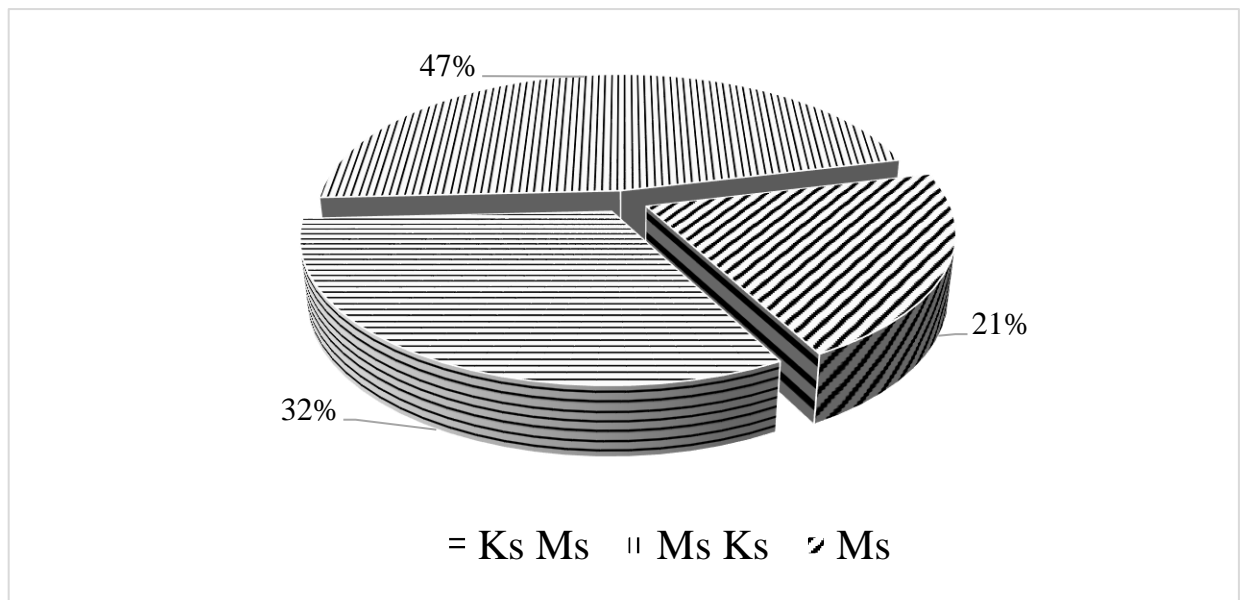


Рис. 5.7. Гігоморфічний спектр флористичного ядра деревних та чагарникових рослин на девастрованих землях

Отже, спектр гігоморф флористичного ядра має такий вигляд: мезоксерофіти – 9 видів (47%), ксеромезофіти – 6 видів (32%) та мезофіти – 4 видів (21%) (рис. 5.7). Слід зазначити, що в гігоморфічному спектрі ядра та загального числа видів повністю відсутні гігрофіти, що цілком закономірно, враховуючи умови зростання дерев та чагарників.

Підтвердженням того, що низка видів росте в ксерофітних умовах є сума мезоксеро- та ксеромезофітів – близько 80%, що типово для техногенно зруйнованих територій та степової зони України [139, 347].

В екологічному спектрі серед трофоморф найчисельнішими є мезотрофи – 14 видів (74% від загальної кількості видів). Мегатрофам належить 21% трофоморфічного спектру флористичного ядра (4 види), тоді як олігомега(алко)трофи представлені найменшій кількості – один вид (5% від загальної кількості видів) (рис. 5.8).

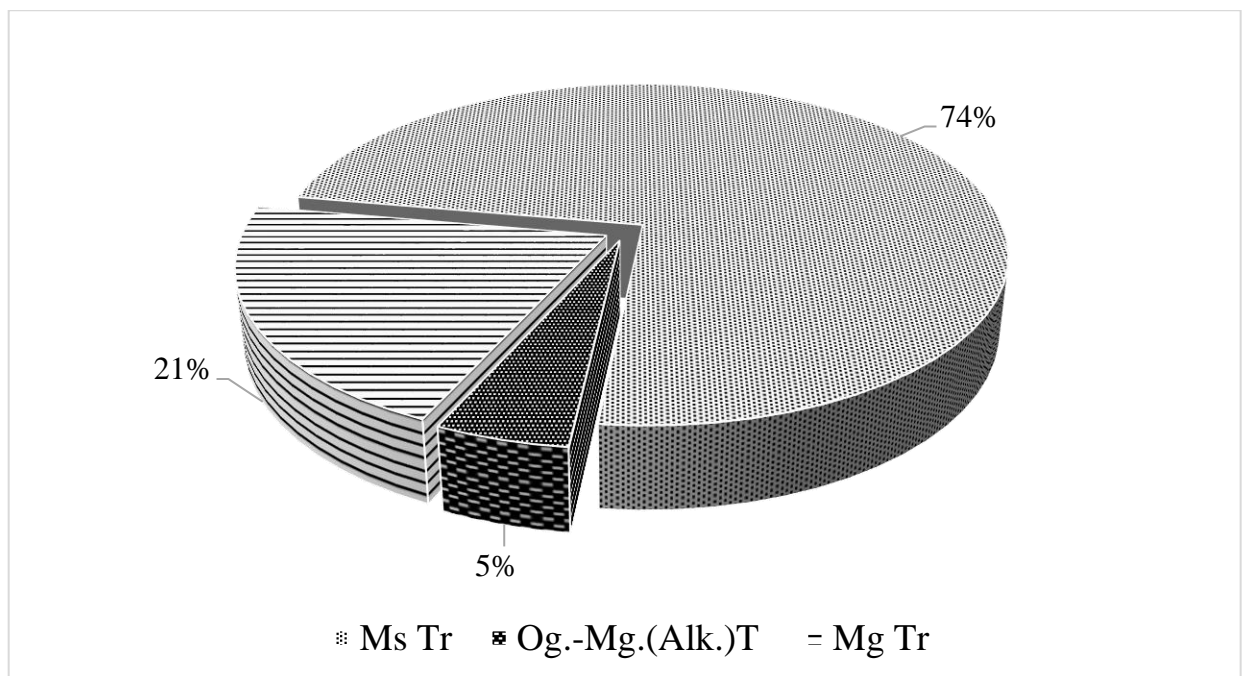


Рис. 5.8. Трофоморфічний спектр флористичного ядра деревних та чагарникових рослин на девастрованих землях

Отже, більшість видів флористичного комплексу (ядра) рослинних угруповань девастрованих земель Криворіжжя пристосовані до зростання в умовах середньої трофності субстратів.

За результатами наших досліджень, у геліоморфічному спектрі флористичного ядра відсутні сціофіти, які потребують від 1/3 повного освітлення (рис. 5.9).

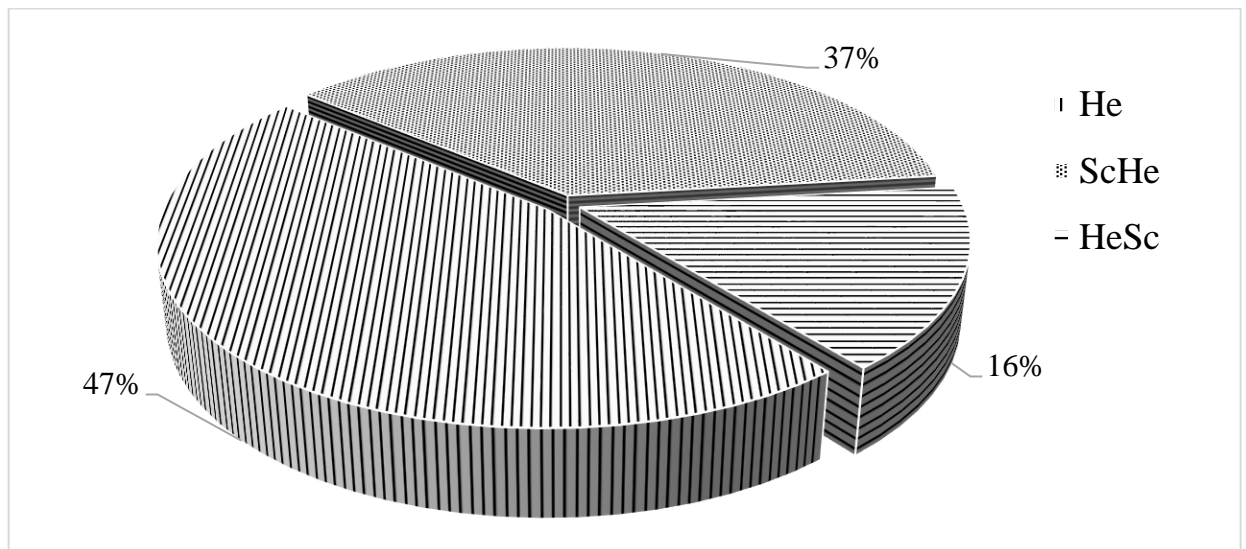


Рис 5.9. Геліоморфічний спектр флористичного ядра деревних та чагарникових рослин на девастрованих землях

Домінування геліофітів властиве рослинним угрупованням порушених земель, що входять до складу флористичного ядра (9 видів; 47%). У спектрі геліоморф флористичного комплексу девастрованих земель присутні перехідні форми, серед яких сціогеліофіти складають – 7 видів (37%), а геліосціофіти представлені незначною кількістю – 3 види (16%) (рис. 5.9). Наявність перехідних форм, що в сумі складають – 53%, що свідчить про часткову вимогу до освітлення.

Отже, характерною ознакою дослідженого флористичного ядра є значне переважання адвентивної фракції. В екологічному спектрі флористичного комплексу деревних та чагарникових видів домінують мезоксерофіти, переважають мезотрофи, стабільно присутні сціогеліофіти та геліофіти. Наявність перехідних форм екоморф вказує на присутність видів, які мають широку екологічну амплітуду. Таким чином, флористичне ядро рослинного покриву девастрованих земель Криворіжжя формують деревні та чагарникові види рослин із широким діапазоном толерантності, які можуть витримувати складні екологічні умови техногенно порушених територій. Отримані результати екоморфічного аналізу узгоджуються з даними, що були виявлені під час вивчення всього видового складу рослинності девастрованих земель, де найчисельнішими екоморфами також є мезоксерофіти, геліофіти і мезотрофи.

5.2. Обґрунтування переліку деревних видів рослин перспективних для фітооптимізації техногенно дегазованих земель

Проблема створення стійких рослинних угруповань на порушених землях вимагає застосування науково обґрунтованих підходів. Доцільно використовувати для відновлення дегазованих земель такі види рослин, які на відвалах та кар'єрах демонструють виявляють найвищу життєздатність, здатні адаптуватися до складних умов зростання та можуть відновлюватися насіннєвим або вегетативним шляхом [156, 159]. Щоб зрозуміти, які рослини є найбільш адаптованими до умов дегазованих земель, слід розібратися з тим, що таке адаптація.

Останні 150 років науковців постійно цікавить питання адаптації рослин до природних умов існування, а також до умов техногенно порушених територій. Широта досліджень набула такого розмаху, що сформувались принципово різні підходи до визначення терміну – «адаптація». Аналіз наукових доробків відзнятих та зарубіжних вчених, присвячених вивченню адаптації, показав, що існують різні диференціації терміна, незважаючи на явну очевидність цього поняття.

Адаптація – це пристосування окремого організму до певних умов середовища за рахунок комплексу ознак – морфологічних, фізіологічних, поведінкових [73, 225, 318, 408].

Адаптація – це здатність організму зберігати достатній рівень функціонування у зміненому середовищі шляхом регулювання внутрішніх процесів [61, 225, 317].

Адаптація – це здатність рослин пристосовуватися до умов місцевиростань [225, 339, 364]

Адаптація – сукупність морфологічних, фізіологічних і біохімічних первинних пристосувальних реакцій, які забезпечують можливість видоспецифічного виживання рослин за дії вертикальних і горизонтальних біотичних зв'язків, а також за несприятливих для певного виду умов середовища. Адаптація можлива лише тоді, коли організм здатний проявити стійкість на будь-якому рівні (від клітинного до популяційного) та пристосувати свою життєдіяльність до нових умов [225]. Чим вищою є здатність рослини змінювати

метаболізм, ростові і формотворні процеси відповідно до умов існування, тим ширше норма її реакції і кращою є здатність до адаптації.

У результаті аналізу описаних різними дослідниками характеристик терміну «адаптація», слід зауважити, що пристосування організму відбувається на різних рівнях. З'являються нові дослідження, що зумовлено необхідність постійного уточнення існуючих понять.

Умови росту деревних та чагарникових видів рослин на дегазованих землях різко відрізняються від природних, отже рослини вимушені реагувати на зміни середовища. Досліджувати будь-які адаптивні реакції рослин на дегазованих землях, на нашу думку, слід комплексно (видовий склад, екоморфічний аналіз, морфо-фізіологічні зміни) з урахуванням особливостей забруднення територій.

Важливо визначити особливості пристосування флористичного ядра деревних рослин, що природно поширені на дегазованих землях Криворіжжя, до складних умов зростання та з'ясувати тенденції зміни фотосинтетичних пігментів, флуктуючої асиметрії відповідно до рівня трансформованості середовища. Древа та чагарники здані відображати весь комплекс стресових впливів техногенно порушених земель.

Аналіз ботаніко-екологічних характеристик деревних видів рослин з флористичного ядра дозволів нам зробити наступне узагальнення. Гіпотетично умовно-пересічний вид з флористичного ядра це алахтонний (57,98 %) / автохтонний вид (42,11%) вид, природно поширений у Бореальному, Давньосередземноморському, Мадреанському підцарствах Голарктичного царства. В більшості випадків це дерево першої (43,75%) / третьої (31,25%) величини. За відношенням до родючості ґрунту він мезотроф, до зволоження – мезоксерофіт (47%) / ксеромезофіт (32%), до освітлення – геліофіт (47%)/сціогеліофіт (37%).

Якщо умовно-пересічний вид з флористичного ядра це автохтонний (апофітний) вид, то в більшості випадків за ступенем адаптації до екологічних умов дегазованих земель – це геміапофіт (62,5%). Якщо умовно-пересічний вид з флористичного ядра – це алахтонний (адвентивний), то за часом його занесення це

неофіт (63,64%), за способом занесення – ергазіофіт (81,82%), за ступенем натуралізації – ергазіофіт (45,45%).

Впровадження адвентивних видів навіть спонтанне, завжди супроводжується значним екологічним ризиком. Саме тому існує велика ймовірність, що умовно-пересічний вид з флористичного ядра має певну інвазійну потенціальність та становити загрозу для фіторізноманіття прилеглих територій через значний вплив на видовому, ценотичному та екосистемному рівнях. Необхідно ретельно зважувати переваги та потенційну небезпеку будь-якого виду при складанні рекомендацій щодо озеленення девастрованих земель.

5.2.1. Перелік видів перспективних для фітооптимізації порушених земель

Площа девастрованих земель в Україні складає сотні тисяч гектарів. Для Криворізького гірничо-металургійного регіону характерні такі техногенні новоутворення як відвали, кар'єри, хвосто- та шламосховища, які є потужними осередками забруднення навколишнього середовища.

Процес природного самозаростання девастрованих земель тривалий та має свої закономірності. На видовий склад рослинності, що спонтанно поширюється на відвалах та кар'єрах впливають різні фактори, серед яких: природно-кліматичні умови, фізико-хімічні особливості субстрату [14, 81, 107, 215]. Як нами раніше зазначалося, особливість техногенних девастрованих земель Криворіжжя полягає у відсутності суцільного ґрунтового покриву.

Рослинні угруповання, що природно поширені на девастрованих землях несуть об'ємну інформацію про життєвий стан, видовий склад, фізіологічні характеристики рослинності на первинних ділянках. Кожен відвал, кар'єр чи промисловий майданчик, які вже виведено з експлуатації, створює власні екологічні умови, в яких можна простежити адаптацію рослин до тих чи інших параметрів середовища [447].

Відвали залізних порід мають негативний вплив на навколишнє середовище в промислових зонах. Оптимізація девастрованих земель, насамперед, шляхом створення на їх території дендрофітоценозів не втрачає актуальності (рис. 5.10).



Рис. 5.10. Роль деревних та чагарникових рослин на девастрованих землях та їх корисне значення для міста Кривий Ріг

Для фітооптимізації девастрованих земель Криворіжжя та інших промислових регіонів доцільно використовувати місцеві види рослин, які представлені в нашій роботі як флористичне ядро. Крім того, рекомендовані види повинні мати широку

екологічну амплітуду, також слід звернути увагу на види, екологічна ніша яких відповідна екологічним умовам порушених земель [158, 356, 429, 435, 448].

Не існує єдиного критерію, за допомогою якого можна скласти перелік видів рослин, які зможуть рости і розвиватися в умовах екстремального середовища техногенно порушених земель. Адже їх фітооптимізація ускладнена втраченим потенціалом родючості та порушеним гідрологічним режимом. Саме тому доречно з'ясувати екологічну нішу кожного виду відповідно до певних абіотичних екологічних факторів (освітленість, зволоження, поживність субстрату тощо).

Крім того, під час розробки заходів оптимізації девастрованих земель та підвищення багатofункціональної ролі деревно-чагарникових рослин, слід враховувати той факт, що більша частина кар'єрів та відвалів знаходиться в межах міста. Тому при підборі рослин, які будуть використовуватися для фітооптимізації, доречно керуватися такими вимогами, як відсутність отруйних властивостей листя, хвої, плодів та алергічного впливу на людину.

Окремої уваги потребує дослідження вегетативно рухливих видів, адже за умов раціонального використання та поєднання рослин, можна оптимізувати матеріально затратний технічний етап рекультивації. Завдяки самостійному розселенню таких рослин по відвалу, можна зменшити винос пилу за межі відвалу чи кар'єру [81].

Підсумовуючи результати власних досліджень [347, 447, 448], а також наукові досягнення викладачів Криворізького педагогічного університету [90, 92, 101, 189], співробітників Криворізького ботанічного саду [81, 160, 169, 182, 266], науковців Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара [225, 408] сформуvalи перелік деревно-чагарникових видів, перспективних для фітооптимізації техногенно девастрованих земель регіону (табл.6.5). В майбутньому доцільно вивчити особливості поєднання видів, що дасть змогу в подальшому провести ефективні, бюджетні та комплексні фітомеліоративні заходи задля оптимізації девастрованих земель Криворіжжя.

Таблиця 5.5

Характеристика деревних видів рослин перспективних для фітооптимізації техногенно девастрованих земель за комплексними властивостями

№ з/п	Вид рослин	Походження	Гігроморфа	Трофоморфа	Геліоморфа	Спосіб запилення	Спосіб поширення	Веgetативно рухливий	Адаптація рослин до температурного режиму
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	<i>Acer negundo</i> L.	Алохтонний вид	KsM.	MsTr.	He.	Ent.	Anch.	Внр.	MsT°
2	<i>Armeniaca vulgaris</i> Lam.	Алохтонний вид	MsKs.	MsTr.	He.	Ent.	Zch.	Внр.	MgT°
3	<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	Алохтонний вид	MsKs.	MsTr.	He.	Ent.	Endz.	Вр.	MgT°
4	<i>Rosa canina</i> L.	Автохтонний вид	MsKs.	MsTr.	ScHe.	Ent.	Endz.	Вр.	MgT°
5	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	Алохтонний вид	MsKs.	Og.- Mg.(Alk.)T.	He.	Ent.	Bal	Вр.	MsT°
6	<i>Juglans regia</i> L.	Алохтонний вид	MsKs.	MgTr.	He.	Anph.(Ent.)	Synz.	Внр.	MgT°
7	<i>Cerasus mahaleb</i> (L.) Mill.	Алохтонний вид	KsMs.	MgTr.	He.	Ent.	Endz.	Внр.	MsT°
8	<i>Malus domestica</i> Borkh.	Алохтонний вид	Ms.	MsTr.	HeSc.	Ent.	Endz.	Внр.	MsT°
9	<i>Populus x canescens</i> (Ait.) Smith	Алохтонний вид	KsMs.	MsTr.	He.	Anph.	Anch.	Внр.	MsT°
10	<i>Populus nigra</i> L.	Автохтонний вид	Ms.	MsTr.	ScHe.	Anph.	Anch.	Внр.	MgT°
11	<i>Populus deltoides</i> Marshall.	Алохтонний вид	KsMs.	MsTr.	He.	Anph.	Anch.	Внр.	MsT°

Продовження таблиці 5.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12	<i>Pyrus communis</i> L.	АВТОХТОННИЙ вид	MsKs.	MgTr.	ScHe.	Ent.	Endz.	Внр.	MgT°
13	<i>Morus nigra</i> L.	АЛОХТОННИЙ вид	MsKs.	MsTr.	ScHe.	Anph.	Endz.	Внр.	MgT°
14	<i>Swida sanguinea</i> (L.)Opiz	АВТОХТОННИЙ вид	Ms.	MsTr.	HeSc	Ent.	End.	Внр.	MsT°
15	<i>Fraxinus excelsior</i> L.	АВТОХТОННИЙ вид	KsMs.	MgTr.	ScHe.	Ent.	Anch.	Внр.	MgT°
16	<i>Ulmus pumila</i> L.	АВТОХТОННИЙ вид	MsKs.	MsTr.	He.	Anph.	Anch.	Внр.	MgT°
17	<i>Ulmus laevis</i> Pall.	АВТОХТОННИЙ вид	Ms.	MsTr.	ScHe.	Anph.	Anch.	Внр.	MsT°
18	<i>Ulmus minor</i> Mill.	АВТОХТОННИЙ вид	MsKs.	MsTr.	HeSc	Anph.	Anch.	Вр.	
19	<i>Betula pendula</i> Roth.	АЛОХТОННИЙ вид	Ms.	OgTr.	He.	Anph.	Anch.	Внр.	MsT°
20	<i>Quercus robur</i> L.	АВТОХТОННИЙ вид	MsKs.	(Alk.)- MgTr.	ScHe.	Ent.	SynZ.	Внр.	MsT°
21	<i>Ligustrum vulgare</i> L.	АВТОХТОННИЙ вид	MsKs.	MsTr.	ScHe.	Ent.	Endz.	Вр.	MgT°
22	<i>Ribes aureum</i> Pursh.	АЛОХТОННИЙ вид	KsMs.	MsTr.	ScHe.	Ent.	EndZ.	Внр.	MsT°
23	<i>Pinus sylvestris</i> L.	АЛОХТОННИЙ вид	Ks.	OgTr.	He.	Anph.	Anch.	Внр.	MsT°
24	<i>Pinus pallasiana</i> D. Don	АЛОХТОННИЙ вид	Ks.	Og-MgTr	He.	Anph.	Anch.	Внр.	MsT°

Продовження таблиці 5.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
25	<i>Cotinus coggygia</i> Scop.	АЛОХТОННИЙ вид	MsKs.	MsTr.	He.	Ent.	Anch.	Внр.	MgT°
26	<i>Caragana arborescens</i> Lam.	АЛОХТОННИЙ вид	MsKs.	MsTr.	ScHe.	Ent.	Ach.	Внр.	MsT°
27	<i>Hippophae rhamnoides</i> L.	АЛОХТОННИЙ вид	KsMs.	Og.-MsTr.	He	Ent.	Endz.	Вр.	MsT°
28	<i>Amorpha fruticosa</i> L.	АВТОХТОННИЙ вид	MsKs.	Og.-MgTr.	ScHe.	Ent.	Bal.	Внр.	MsT°
29	<i>Berberis vulgaris</i> L.	АВТОХТОННИЙ вид	KsMs.	MsTr.	ScHe.	Ent.	Endz.	Внр.	MsT°
30	<i>Crataegus fallacina</i> Klok.	АВТОХТОННИЙ вид	MsKs.	MsTr.	ScHe.	Ent.	Endz.	Внр.	MsT
31	<i>Sambucus nigra</i> L.	АВТОХТОННИЙ вид	Ms.	Og.-MgTr.	ScHe.	Ent.	Endz.	Внр.	MgT°
32	<i>Cerasus tomentosa</i> (Thunb.) Wall.	АЛОХТОННИЙ вид	KsMs.	MsTr.	ScHe.	Ent.	EndZ.	Внр.	MgT°
33	<i>Cerasus vulgaris</i> Mill.	АЛОХТОННИЙ вид	KsMs	MgTr.	ScHe.	Ent.	Endz.	Вр.	MsT°
34	<i>Ulmus pumila</i> L.	АЛОХТОННИЙ вид	Ks.	Ms.- (AlkTr.)	He.	Anph.	Anch.	Вр.	MgT°
35	<i>Lonicera tatarica</i> L.	АЛОХТОННИЙ вид	Ks.	MsTr.	ScHe.	Ent.	Endz.	Внр.	MgT°
36	<i>Salix alba</i> L.	АВТОХТОННИЙ вид	Ms.	MsTr.	ScHe.	Ent.	Anch.	Внр.	MsT°
37	<i>Acer platanoides</i> L.	АВТОХТОННИЙ вид	Ms.	MgTr.	ScHe.	Ent.	Anch.	Внр.	MsT°
38	<i>Acer campestre</i> L.	АВТОХТОННИЙ вид	KsMs.	MsTr.	ScHe.	Ent.	Anch.	Внр.	MgT°

Продовження таблиці 5.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
39	<i>Corylus avellana</i> L.	АЛОХТОННИЙ вид	Ms.	MsTr.	HeSc.	Anph.	Synz	Внр.	MgT°
40	<i>Tilia platyphyllos</i> Scop.	АЛОХТОННИЙ вид	KsMs.	MgTr.	He.	Ent.	H/anch.	Вмр.	MgT°
41	<i>Tilia cordata</i> Mill.	АВТОХТОННИЙ вид	KsMs.	MgTr.	He.	Ent.	H/anch.	Вмр.	MsT°
42	<i>Rubus idaeus</i> L.	АЛОХТОННИЙ вид	Ms.	MgTr.	ScHe.	Ent.	Endz.	Вр.	MgT°
43	<i>Sorbus aucuparia</i> L.	АЛОХТОННИЙ вид	KsMs.	MsTr.	ScHe.	Ent.	Endz.	Внр.	MgT°
44	<i>Prunus divaricata</i> Ledeb.	АЛОХТОННИЙ вид	MsKs.	MsTr.	He.	Ent.	EndZ.	Внр.	Mg T°
45	<i>Populus alba</i> L.	АВТОХТОННИЙ вид	Ms.	Og.-MsTr.	He.	Anph.	Anch.	Внр.	MgT°
46	<i>Populus bolleana</i> Lauche.	АЛОХТОННИЙ вид	KsMs.	MsTr.	He.	Anph.	Anch.	Внр.	MgT°
47	<i>Morus alba</i> L.	АЛОХТОННИЙ вид	MsKs.	MsTr.	He.	Anph.	Endz.	Внр.	MgT°
48	<i>Malus sylvestris</i> Mill.	АВТОХТОННИЙ вид	Ms.	MsT.	HeSc.	Ent.	Endz	Внр.	MgT
49	<i>Fraxinus lanceolata</i> Borkh.	АЛОХТОННИЙ вид	MsKs.	MsTr.	ScHe.	Ent.	Anch.	Внр.	MsT°
50	<i>Robinia viscosa</i> Vent.	АЛОХТОННИЙ вид	Ms.	MsT.	He.	Ent.	Bal.	Внр.	MsT°

Доцільно використовувати такі види дерев та чагарників для фітооптимізації, які вже пройшли випробовування на девастрованих землях Криворіжжя та показали хороший результат зростання на порушених територіях. Окрім того, біолого-екологічні характеристики рослин мають відповідати екологічним вимогам техногенно зруйнованих земель (дефіцит вологи, спекотні умови зростання, збідненні ґрунти). Отримані результати дослідження асортименту деревних та чагарникових рослин для озеленення девастрованих територій наведено в таблиці 5.5.

Розглядати як високопреспективні види рослин для відновлення техногенно порушених земель можна такі деревні та чагарникові рослини, для яких характерні ознаки ксерофітності, оліготрофності, толерантності до високих температур (мегатермність), значний репродуктивний потенціал (найбільш оптимальні способи запилення та поширення). Значну перевагу мають види, у котрих поєднується кілька можливих способів поширення. Складений перелік видів для фітооптимізації девастрованих земель включає рослини, що мають широкі екологічні умови.

Пропонований асортимент налічує 50 вид та чагарникових рослин. З них 30 видів неодноразово проходили фіторекультивуаційну апробацію на залізорудних, крейдових відвалах та териконах вугільних шахт, кар'єрах та техногенних зонах, як на території України, так і за її межами [226, 236, 268, 280, 321, 441, 463, 472, 476]. На нашу думку перспективними фіторекультивантами можна назвати: *Acer negundo* L., *Armeniaca vulgaris* Lam., *Elaeagnus angustifolia* L., *Rosa canina* L., *Cotinus coggygria* Scop., *Robinia pseudoacacia* L., *Juglans regia* L., *Cerasus mahaleb* (L.) Mill., *Populus nigra* L., *Pyrus communis* L., *Morus nigra* L., *Swida sanguinea* (L.) Opiz, *Fraxinus excelsior* L., *Ulmus pumila* L., *Ulmus laevis* Pall. та *Ulmus minor* Mill.

З метою уточнення асортименту дерев'янистих рослин для озеленення девастрованих територій можна скористатися матеріалами таблиці 5.6, де наведено додаткові характеристики видів. Особливої уваги потребують інвазійно-небезпечні види та рослини-алергени.

Таблиця 5.6

**Характеристика деревних видів рослин перспективних для
фітооптимізації техногенно девастрованих земель за додатковими**

властивостями

№ з/п	Вид рослин	Інвазійно небезпечний	Алергійно небезпечний (якісна оцінка алергійності) [**]	Лікарський	Істівний	Медоносна рослина	Охоронні списки
1	2	3	4	5	6	7	8
1	<i>Acer negundo</i> L.	Чорний список (Black List)	Помірно небезпечний вид			+	LC
2	<i>Armeniaca vulgaris</i> Lam.		Помірно небезпечний вид	+	+	+	EN
3	<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	Сірий список (Grey List)	Низько алергенний вид	+	+	+	-
4	<i>Rosa canina</i> L.		Низько алергенний вид	+	+	+	
5	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	Чорний список (Black List)	Низько алергенний вид	+	-	+	LC
6	<i>Juglans regia</i> L.		Небезпечний вид	+	+		LC
7	<i>Cerasus mahaleb</i> (L.) Mill.		Низько алергенний вид	-	-	+	ЄЧС, LC
8	<i>Malus domestica</i> Borkh.		Низько алергенний вид		+	+	
9	<i>Populus x canescens</i> (Ait.) Smith		Низько алергенний вид				
10	<i>Populus nigra</i> L.		Помірно небезпечний вид	+			СЧС, LC.
11	<i>Populus deltoides</i> Marshall.		Помірно небезпечний вид				

Продовження таблиці 5.6

1	2	3	4	5	6	7	8
12	<i>Pyrus communis</i> L.		Низько алергенний вид				ЄЧС, LC
13	<i>Morus nigra</i> L.		Високо небезпечний вид	+	+		
14	<i>Swida sanguinea</i> (L.)Opiz		Помірно небезпечний вид			+	
15	<i>Fraxinus excelsior</i> L.		Високо небезпечний вид	+	на Кавказі		
16	<i>Ulmus pumila</i> L.	Чорний список (Black List)	Високо небезпечний				
17	<i>Ulmus laevis</i> Pall.		Високо небезпечний				DD
18	<i>Ulmus minor</i> Mill.		Високо небезпечний				
19	<i>Betula pendula</i> Roth.		Високо небезпечний, алергени: Bet v, Bet v 1, Bet v 2, Bet v 6	+	+		LC
20	<i>Quercus robur</i> L.		Високо небезпечний	+	+		СЧС, LC.
21	<i>Ligustrum vulgare</i> L.		Помірно небезпечний вид	отруйна	отруйна	+	
22	<i>Ribes aureum</i> Pursh.		Помірно небезпечний вид		+	+	
23	<i>Pinus sylvestris</i> L.		Низько алергенний вид	+			LC
24	<i>Pinus pallasiana</i> D. Don		Низько алергенний вид	+			
25	<i>Cotinus coggygia</i> Scop.		Помірно небезпечний вид			+	LC

Продовження таблиці 5.6

1	2	3	4	5	6	7	8
26	<i>Caragana arborescens</i> Lam.	Тривожний список (Watch List)	Помірно небезпечний вид		+	+	
27	<i>Hippophae rhamnoides</i> L.		Помірно небезпечний вид	+	+	+	LC
28	<i>Amorpha fruticosa</i> L.	Чорний список (Black List)	Високо небезпечний	+		+	
29	<i>Berberis vulgaris</i> L.		Помірно небезпечний вид	+	+	+	Дн
30	<i>Crataegus fallacina</i> Klok.		Помірно небезпечний вид	+	+	+	
31	<i>Sambucus nigra</i> L.		Не повідомлялося про алергію	+	+	+	
32	<i>Cerasus tomentosa</i> (Thunb.) Wall.		Не повідомлялося про алергію	+	+	+	
33	<i>Cerasus vulgaris</i> Mill.		Не повідомлялося про алергію	+	+	+	
34	<i>Ulmus pumila</i> L.	Сірий список (Grey List)	Помірно небезпечний вид				LC
35	<i>Lonicera tatarica</i> L.		Не повідомлялося про алергію	+	отруйна		
36	<i>Salix alba</i> L.		Високо небезпечний вид	+			
37	<i>Acer platanoides</i> L.		Помірно небезпечний вид	+	+		
38	<i>Acer campestre</i> L.		Помірно небезпечний вид				LC
39	<i>Corylus avellana</i> L.		Помірно небезпечний вид	+	+	+	СЧС, LC

Продовження таблиці 5.6

1	2	3	4	5	6	7	8
40	<i>Tilia platyphyllos</i> Scop.		Помірно небезпечний вид	+		+	СЧС, LC.
41	<i>Tilia cordata</i> Mill.		Помірно небезпечний вид	+		+	LC
42	<i>Rubus idaeus</i> L.		Не повідомлялося про алергію	+	+	+	
43	<i>Sorbus aucuparia</i> L.		Низько алергенний вид	+	+		LC
44	<i>Prunus divaricata</i> Ledeb.		Не повідомлялося про алергію		+	+	
45	<i>Populus alba</i> L.		Помірно небезпечний вид				LC
46	<i>Populus bolleana</i> Lauche.		Помірно небезпечний вид				
47	<i>Morus alba</i> L.		Високо небезпечний	+	+		
48	<i>Malus sylvestris</i> Mill.		Низько алергенний вид		+	+	ЄЧС, LC
49	<i>Fraxinus lanceolata</i> Borkh.		Високо небезпечний вид				
50	<i>Robinia viscosa</i> Vent.		Не повідомлялося про алергію				

Примітка: LC (Least Concern) – таксон, який мінімально потребує охорони; DD (Data Deficient) – даних для оцінки статусу недостатньо; EN (Endangered) – таксон, який знаходиться під загрозою зникнення; ЧКУ – Червона книга України (2009 р.), Дн – Дніпропетровська обл., СЧС – світовий Червоний список, ЄЧС – європейський Червоний список

Данні таблиці 5.6 свідчать про те, що серед рекомендованих для фітооптимізації видів інвазійно небезпечними є : *Acer negundo* L., *Caragana arborescens* Lam., *Elaeagnus angustifolia* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Ulmus pumila* L. та *Amorpha fruticosa* L. Тому використання цих видів у відновленні порушених земель потребує постійного моніторингу.

Орієнтовний перелік видів деревних та чагарникових рослин, рекомендованих для фітооптимізації, включає види, що занесені до СЧС, а саме: *Corylus avellana* L., *Populus nigra* L., *Quercus robur* L. До ЄЧС включено: *Cerasus mahaleb* (L.) Mill., *Pyrus communis* L., *Malus sylvestris* Mill., але ці види, є звичайними для флори Кривого Рогу, тому відповідають категорії Least Concern (LC). Слід зазначити, що в переліку групи видів фіторекультивантів, відсутні види, які потребують особливих заходів щодо збереження (категорії CR, EN, VU), окрім *Armeniaca vulgaris* Lam., який перебуває під загрозою зникнення у світовому масштабі, однак є досить поширеним та звичайним для території України [348, 384, 394, 461, 468].

Аналіз літературних джерел показав, що серед запропонованих дерев виражену алергенну активність має пилок *Betula pendula* Roth., *Fraxinus lanceolata* Borkh., *Fraxinus excelsior* L., рослин роду *Quercus* L. та більшість видів роду *Ulmus* L., тоді як пилок хвойних дерев (сосна, ялина), який з'являється з середини травня до середини липня, практично не буває причиною полінозу [152, 241]. Тому під час добору видів для озеленення девастрованих земель варто враховувати напрямок вітрів, які переважають на Криворіжжі (північні та південні вітри), щоб попередити занесення алергенно-активного пилку в місто.

До дерев та чагарників, що будуть використовуватися для фітооптимізації девастрованих земель, вимоги більш високі, ніж до рослин, які використовуються в озелененні. Комбінація різних видів дозволяє створювати на порушених землях насадження різних типів. Аналіз таблиці 6.6 показав, що окремі види можуть використовуватися як їстівні та лікарські. Однак, ріст та розвиток цих рослин буде відбуватися в особливих умовах, тому існує велика ймовірність накопичення в

листі, плоха та коренях цих рослинах токсичних хімічних елементів (важких металів) у значних концентраціях, що може нашкодити здоров'ю людини.

Крім того, наявність лікарських та їстівних рослин на девастрованих землях значно збільшує неконтрольоване їх відвідування населенням, що закономірно збільшує ймовірність травматизму та нещасних випадків. Тому на нашу думку слід мінімізувати використання плодово-ягідних та лікарських видів на девастрованих землях Криворіжжя, якщо вони знаходяться ближче ніж 5 км від населених пунктів [252].

Отже, ми сформували перелік деревно-чагарникових видів, перспективних для фіторекультивації та фітомеліорації девастрованих земель Криворізького гірничо-металургійного регіону: *Acer negundo* L., *Armeniaca vulgaris* Lam., *Betula pendula* Roth, *Ulmus minor* Mill., *Juglans regia* L., *Quercus robur* L., *Prunus mahaleb* L., *Elaeagnus angustifolia* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Robinia viscosa* Vent., *Pinus sylvestris* L., *Pinus pallasiana* D., *Populus alba* L., *Populus nigra* L., *Pyrus communis* L., *Morus nigra* L., *Fraxinus excelsior* L., *Populus italica* (Du Roi) Moench) (рис. 5.11).



Рис. 5.11. *Robinia pseudoacacia* L. та *Robinia viscosa* Vent. на девастрованих землях (фото автора, 2018 рік)

Серед чагарникових рослин це: *Amorpha fruticosa* L., *Sambucus nigra* L., *Hippophae rhamnoides* L., *Lonicera tatarica* L., *Caragana arborescens* Lam., *Swida sanguinea* L., *Cotinus coggygia* Scop., *Rosa canina* L. (рис. 5.12).



Рис 5.12. *Rosa canina* L. на девастрованих землях (фото автора, 2018 рік)

Однак, під час створення насаджень на девастрованих землях, які знаходяться поруч із житловими масивами та населеними пунктами (до 5 км), слід враховувати можливість некерованого їх використання населенням як джерела харчової та лікарської сировини. Таким чином, рекомендовані нами види деревних та чагарникових рослин можна використовувати для відновлення порушених земель.

5.3. Заходи фітооптимізації техногенно девастрованих земель

Ефективно проведені практичні заходи фітооптимізації техногенно девастрованих земель допоможуть відновити порушені території, що зазнали техногенного впливу. При цьому дослідниками відзначається, що деревні насадження є потужним природним чинником протидії негативним для довкілля наслідкам техногенного впливу. На нашу думку, саме заліснення девастрованих земель Криворіжжя буде найбільш ефективним заходом оптимізації середовища,

адже деревні та чагарникові рослини значно поліпшують санітарно-гігієнічні, кліматичні і естетичні характеристики промислових регіонів.

Натепер заходи фітооптимізації техногенно дегазованих земель у Криворізькому гірничо-металургійному регіоні передбачають реалізацію певних етапів (рис. 5.13) [447].



Рис. 5.13. Практичні заходи заліснення техногенно дегазованих земель Криворізького гірничо-металургійного регіону

Першим кроком практичних заходів озеленення дегастрованих земель є їх комплексна екологічна оцінка техногенно порушених територій, під час якої особливу увагу звертають на геоморфологічні, еколого-едафічні, геохімічні, характеристики техногенно дегастрованих земель регіону. За нашими власними спостереженнями дегастровані землі Криворіжжя характеризуються дуже різноманітними формами мезорельєфу та мікрорельєфу.

Наступним кроком заліснення дегастрованих земель Криворізького регіону є добір стійких видів деревних рослин, адаптованих до умов середовища існування. Таким чином можна досягти найбільш оптимального поєднання видів дерев і початкових умов дегастрованих земель Криворіжжя.

Третім практичним кроком заліснення техногенно дегастрованих земель Криворіжжя є ефективне виконання загально прийнятих та оригінальних технік. Ці техніки мають бути спрямовані на найкраще використання генетичних потенцій деревними видами рослин в складних умовах дегастрованих земель. До переліку таких технік можна віднести: попередню обробку кореневої системи рослин розчинами, які містять макро- та мікроелементи елементи живлення та/або фітогормони. Також перспективним є попереднє занурювання кореневої системи у «бовтанку», яка складається з води, глини та ґрунту. Досить часто у таку суміш додають стимулятори росту (гетероауксин, лентехнін тощо) [447].

Четвертим практичним кроком заліснення техногенно дегастрованих земель Криворіжжя є підготовка території до висадки рослин. Цей крок має бути спрямований на покращення еколого-едафічних умов дегастрованих земель в межах окремих локацій. При цьому доцільно здійснити попередню детоксикацію ґрунтів дегастрованих земель. Так застосування в оптимальних дозах меліорантів (комбінації Крейда–вода, Крейда–Трилон Б) зумовлюють статистично достовірне зменшення рівнів фітотоксичності ґрунтів шахтних хвостосховищ Криворіжжя [243, 447] .

П'ятим практичним кроком заліснення техногенно дегастрованих земель Криворіжжя є безпосереднє виконання посадкових робіт. При цьому дуже важливо упорядкування окремих екземплярів деревних видів рослин в межах ділянки з

урахуванням екологічних передумов. На нашу думку, такими передумовами є дотримання видової структуру майбутніх угруповань, раціональне просторове розміщення окремих екземплярів, максимальне врахування едафічних характеристик кожної локації. Посадкові роботи доцільно виконувати за класичними рекомендаціями в осінній період (жовтень–листопад) [447].

Таким чином, практичні заходи заліснення техногенно дегазованих земель поєднують в собі складну суміш технічних і біологічних процесів, які потенційно можуть повернути ділянку до умов, близьких тим, що були до видобутку корисних копалин та повного знищення рослинного покриву. Складання асортименту видів дерев та чагарників, адаптованих до умов середовища існування на нерекультивованому об'єкті, дозволяє визначити найкращі можливості поєднання видів дерев і початкових умов ґрунту. На нашу думку, добір видів, які природно поширені на дегазованих землях Криворіжжя забезпечує високу ефективність заходів фітооптимізації техногенних об'єктів.

Висновки до розділу 5

1. У цьому розділі наведено результати аналізу літературних відомостей щодо визначення флористичного ядра видів, охарактеризовано теоретичне та практичне значення флористичного комплексу.

Встановлено, що флористичне ядро у дендрофітоценозах, які природно зростають на дегазованих землях Криворіжжя, складають: *Acer negundo* L., *Armeniaca vulgaris* Lam., *Elaeagnus angustifolia* L., *Rosa canina* L., *Cotinus coggygia* Scop., *Robinia pseudoacacia* L., *Juglans regia* L., *Cerasus mahaleb* (L.) Mill., *Malus domestica* Borkh., *Populus x canescens* (Ait.) Smith, *Populus nigra* L., *Populus deltoides* Marshall., *Pyrus communis* L., *Morus nigra* L., *Swida sanguinea* (L.) Opiz, *Fraxinus excelsior* L., *Ulmus pumila* L., *Ulmus laevis* Pall. та *Ulmus minor* Mill.

Характерною ознакою дослідженого флористичного ядра є значне переважання адвентивної фракції. В екологічному спектрі флористичного комплексу деревних та чагарникових видів домінують мезоксерофіти, переважають мезотрофи, стабільно присутні сціогеліофіти та геліофіти.

2. Обґрунтовано перелік деревних видів рослин перспективних для фітооптимізації техногенно девастрованих земель за комплексними показниками. Аналіз отриманих даних свідчить, що біолого-екологічні характеристики рослин, які входять до орієнтовного переліку видів-фітомеліорантів, відповідають екологічним вимогам техногенно зруйнованих земель.

3. Узагальнено заходи оптимізації екологічної ефективності зелених насаджень на девастрованих землях Криворіжжя. Доведено, що практичні заходи заліснення техногенно порушених територій включають складну суміш технічних і біологічних процесів та складаються з декількох послідовних етапів. Впровадження рекомендованих видів дерев та чагарників для фітооптимізації девастрованих земель, може значно скоротити витрати на рекультивацію відвалів та кар'єрів Криворіжжя, що значно підвищує корисний ефект заліснення техногенно порушених територій.

Матеріали розділу висвітлені у публікаціях:

1. Savosko V.M., Lykholat Y.V., Bielyk Y.V. Foresting of technogenic devastated lands as an effective factor for environmental safety at the mining & metallurgical district. In: Y.V. Lykholat (ed.). Effects of pollution and climate change on the ecosystem componenets Praha, Oktan Print, 2021. P.6–39. DOI: 10.46489/EOPACC–1204211.

2. Bielyk Y. V., Savosko V. M., Lykholat Y. V. Characteristics of the floristic core of tree and shrub species of plants naturally spread to technologically devastated lands (Kryvyi Rih). Рослини та урбанізація: Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції «Рослини та урбанізація» (Дніпро, 1 лютого 2023 р.) Дніпро, 2023. С. 12–14.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі представлено результати проведених комплексних еколого-фізіологічних досліджень аборигенних та інтродукованих видів деревних і чагарникових рослин на деастрованих землях Криворіжжя. На основі отриманих даних було зроблено наступні висновки:

1. Експлуатація природно-ресурсного потенціалу привела до формування техногенно деастрованих земель, які є джерелом постійного забруднення та призводять до елімінації рослинного покриву. Негативні наслідки чинників натурогенного (наслідки природних процесів) та антропогенного (наслідки діяльності людини) генезису, а також їх комбінації призводять до формування деастрованих земель. На сьогоднішній день у Криворізькому регіоні з 30 тис. га техногенно деастрованих земель близько 88% припадає на території, де був сформований антропогенний мезорельєф. Панівною формою мезорельєфу є відвали та хвостосховища (63% від загальної площі антропогенних форм мезорельєфу). Екологічні умови деастрованих земель є дуже складними і мало сприятливими для росту та розвитку деревних і чагарникових видів внаслідок забруднення ґрунту важкими металами, зміненого рельєфу та гідрологічного режиму, відсутності родючого шару.

2. Складено флористичний список дерев та чагарників деастрованих земель Петровського відвалу, території колишнього рудника ім. Ф.Е. Держинського, Коломоївського, Жовтневого та Карачунівського гранітних кар'єрів Криворізького залізорудного регіону та ландшафтного заказника місцевого значення «Візирка». Деревно-чагарникові рослинні угруповання деастрованих земель Криворіжжя складаються з 54 видів, які належать до 34 родів та 18 родин. У таксономічних спектрах рослинних угруповань усіх техногенно порушених земель панівне положення займають родини: Rosaceae, Salicaceae, Ulmaceae. За кількісними

показниками перевагу мають алохтоні види (61,11%) порівняно з автохтонними (38,98%).

Екологічну структуру деревно-чагарникових рослинних угруповань девастрованих земель Криворіжжя створюють сільванти (55,5 % від загальної кількості видів), інші групи представлені меншим відсотком. У складі рослинних угруповань переважають фанерофіти (98,15%), частка участі хамефітів складає 1,85% від загальної кількості видів. У аспекті преференцій до водного режиму найчисельнішими є мезоксерофіти (53% від загальної кількості рослин), ксеромезофіти (31,48%) та мезофіти (27,8%). Екогрупа ксерофітів представлена в найменшій кількості – 3,7%. У трофоморфічних спектрах найчисельнішими є мезотрофи (64,8% від загальної кількості видів), мегатрофи (13%) та олігомезотрофи (9,25%), інші екогрупи представлені в меншій кількості. Аналіз геліоморфічних спектрів виявив переважання геліофітів (46,3%) та сціогеліофітів (46,3%) в межах девастрованих земель Криворіжжя. Геліосціофіти займають третю позицію – 7,41% від загальної кількості видів.

3. Проаналізовано життєвий стан деревних рослин, що зростають на техногенно порушених землях. Встановлено, що дендрофітоценози девастрованих земель Криворіжжя мають «ослаблений» життєвий стан за показниками кількості стовбурів ($70,18 \pm 1,28$ умовних балів) і запасів стовбурної деревини ($68,46 \pm 3,43$ умовних балів) та суми площ поперечних перерізів ($68,39 \pm 2,98$ умовних балів). За результатами наших досліджень, найнижчі показники життєвості характерні для крони (67–73 у.б.) та листя (64–75 у.б.), а найвищі – для гілок (64–77 у.б.). Найкращий життєвий стан мають наступні види: клен ясенелистий (*Acer negundo*), робінія звичайна (*Robinia pseudoacacia*), абрикос звичайний (*Armeniaca vulgaris*), горіх волоський (*Juglans regia*), в'яз карликовий/низький (*Ulmus pumila*) та в'яз гладкий (*Ulmus laevis*).

4. Біометричні характеристики деревних видів рослин природно поширених на техногенно дегазованих землях Криворізького гірничо-металургійного регіону істотно зменшуються в умовах високого техногенного навантаження: показники висоти дерев зменшуються до 28,8%, діаметр стовбура – до 30,1%, а площа поперечних перерізів та запас стовбурної деревини – до 55,9% та 67,4% відповідно. Загалом, густина деревостану дегазованих земель Криворіжжя становить 232–530 шт/га, висота – від 4,2 до 4,9 м, діаметр 8,5–12,5 см, запас стовбурної деревини – від 4,05 до 11,17 м³ /га й сума площ поперечних перерізів – 2,4–16,2 м² /га.

5. Досліджено морфологічні та фізіологічні зміни у листків деревних видів рослин природно поширених на техногенно дегазованих землях Криворіжжя. В межах техногенно дегазованих земель Криворіжжя у *Betula pendula* Roth збільшується рівень флуктуючої асиметрії до 0,0556, що свідчить про наближення екологічного стану до передкритичного рівня. У всіх досліджуваних зразках (клен ясенелистий (*Acer negundo* L.), береза повисла (*Betula pendula* Roth.), робінія звичайна (*Robinia pseudoacacia* L.)), виявлено вплив умов місцезростання на кількісні та якісні характеристики хлорофілів *a* і *b*, що свідчить про порушення процесу фотосинтезу. Встановлено загальний вміст фенольних сполук в листках *Acer negundo* L., *Robinia pseudoacacia* L. та *Betula pendula* Roth. У листках клена ясенелистого та робінії звичайної спостерігалось збільшення концентрацій фенолів відносно умовно чистих територій, відповідно, на 15–65 % та 115–165 % ($P < 0,05$). У листках берези повислої вміст цих сполук був менший за контрольні значення на 10–28 % ($P < 0,05$). Варіабельність вмісту фенолів у листках рослин *Betula pendula* Roth зумовлена не тільки екологічними чинниками, а й індивідуальними особливостями рослинних організмів.

6. Встановлено особливості вмісту макронутрієнтів та важких металів у ґрунтах техногенно дегазованих земель Криворіжжя. Концентрації макронутрієнтів, а саме К і Na в ґрунтах техногенно порушених земель в основному

знаходяться на рівні контрольних значень. Статистично вірогідне підвищення вмісту сірки (у 4 – 5 разів вище контрольного) зафіксоване на всіх дослідних ділянках в межах Петровського відвалу. Концентрація таких макронутрієнтів як кальцій, магній і фосфор в ґрунтах дегазованих земель, свідчить про значний дефіцит цих елементів (на 25 – 40% нижче контрольного рівня), лише подекуди їх концентрація вибірково перевищує контрольні показники. Високий вміст валових форм заліза, марганцю, міді, кадмію, а в деяких випадках і цинку, є особливістю дегазованих земель Петровського відвалу. Концентрації цих металів перевищують контрольні показники в 5,5 – 5,9 разів.

7. Встановлено особливості вмісту макронутрієнтів та важких металів у листках деревних видів рослин, природно поширених на техногенно дегазованих землях Криворіжжя. Вміст макронутрієнтів (K, Na, Ca, Mg, P, S) та важких металів (Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Cd) у листках *Acer negundo* L., *Robinia pseudoacacia* L. та *Betula pendula* Roth свідчить про складні екологічні умови дегазованих земель Петровського відвалу. Встановлено, що розвиток деревно-чагарникових рослин відбувається при явному дефіциті поживних речовин (особливо K і P) і надлишку металів (особливо Fe, Mn і Zn). Деревні рослини на всіх дослідних ділянках мають надзвичайно високі концентрації заліза в листках 650 – 2010 мг/кг на дегазованих землях. Можемо припустити, що деревні рослини відчувають фототоксичний вплив високих концентрацій цього металу. Серед досліджених нами видів деревних рослин максимальні концентрації макроелементів були виявлені у робінії звичайної і клена ясенелистого. Максимальні концентрації важких металів були виявлені у листі берези повислої.

8. Встановлено, що флористичне ядро у дендрофітоценозах, які природно зростають на дегазованих землях Криворіжжя, складають: *Acer negundo* L., *Armeniaca vulgaris* Lam., *Elaeagnus angustifolia* L., *Rosa canina* L., *Cotinus coggygria* Scop., *Robinia pseudoacacia* L., *Juglans regia* L., *Cerasus mahaleb* (L.) Mill., *Malus*

domestica Borkh., *Populus x canescens* (Ait.) Smith, *Populus nigra* L., *Populus deltoides* Marshall., *Pyrus communis* L., *Morus nigra* L., *Swida sanguinea* (L.)Opiz, *Fraxinus excelsior* L., *Ulmus pumila* L., *Ulmus laevis* Pall. та *Ulmus minor* Mill. Обґрунтовано перелік деревних видів рослин перспективних для фітооптимізації техногенно девастрованих земель за комплексними показниками. Узагальнено заходи оптимізації екологічної ефективності зелених насаджень на девастрованих землях Криворіжжя.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абдулоєва О.С., Карпенко Н.І. Трапляння чужинних інвазійних рослин в синтаксонах рослинності України. *Чорноморський ботанічний журнал*. 2009. Т.5, №2. С.189-198.
2. Аверченко В. І., Самойленко Н. М. Ґрунтознавство: навч. пос. Харків : Мачулін, 2018. 118 с.
3. Агаджанов М.Є. Геоінформаційні критерії інформаційно-ресурсної моделі антропогенних форм рельєфу Кривбасу. *Геоінформатика*. 2011. № 1. С. 72–79.
4. Алейников И. М., Лебедев С. И. Каротиноиды и их роль в фотосинтезе. *Научн. тр. Укр. с-х. акад.* 1974. Вып. 102. С. 13–19.
5. Алексеев В. А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев. *Лесоведение*. 1989. № 4. С. 5–57.
6. Алексеев В. А., Лянгузова И. В. Влияние загрязнения на изменение морфоструктуры деревьев. Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. Л. : Наука, 1990. С. 87–94.
7. Алексеев Ю. В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Ленинград : Агропромиздат, 1987. 140 с.
8. Алисов Б. П. Климат СССР : учеб. для студ. географ. спец. вузов : 2-е изд. М. : Высш. шк., 1969. 104 с.
9. Бабенко Л. М., Косаківська І.В. Особливості пігментного складу та ультраструктурної будови хлоропластів рослин різних таксонів. *Фізіологія рослин і генетика*. 2017. Т. 49, № 1. С. 25–35. DOI: <https://doi.org/10.15407/frg2017.01.025>
10. Багрій І. Д., Білоус А. М., Вилкул Ю. Г. Досвід комплексної оцінки та картографування факторів техногенного впливу на природне середовище міст Кривого Рогу та Дніпродзержинськ. Київ : Фенікс, 2000. 110 с.
11. Багрій І.Д., Блінов П.В., Белокопитова Н.А., Вілкул Ю.Г., Власенко Ю.Я. Геоєкологічні проблеми Криворізького басейну в умовах реструктуризації гірничодобувної галузі. Київ: Фенікс, 2002. 192 с.

- 12.Баландайкин М. Динамика и различия в концентрации основных фотосинтетических пигментов листьев березы, произрастающей в неоднородных условиях. *Химия растительного сырья*. 2014. №1. С. 33–41.
- 13.Барабаш О. В. Оцінка рівня забруднення атмосферного повітря методом дендроіндикації. *Екологічні науки*. 2019. № 4. С. 102–107.
- 14.Башуцька У. Б. Сукцесії рослинності породних відвалів шахт Червоноградського гірничопромислового району. Львів : РВВ НЛТУ України, 2006. 180 с.
- 15.Башуцька У. Б., Шиллінг А. Планування та здійснення лісової рекультивації порушених земель Лужицького буровугільного басейну (Східна Німеччина). *Науковий вісник НЛТУ України*. 2019. Т. 32, № 3. С. 26-31. DOI: <https://doi.org/10.36930/40320304>
- 16.Белова Н. А. Экология, микроморфология, антропогенез лесных почв Степной зоны Украины. Днепропетровск: Изд-во ДГУ, 1997. 264 с.
- 17.Бельгард А. Л. Лесная растительность юго-востока УССР. К.: Изд-во Киев. гос. ун-та, 1950. 264 с.
- 18.Бельгард А. Л. Степное лесоведение. М.: Лесная промышленность, 1971. 336 с.
- 19.Бессонова В. П. Влияние тяжелых металлов на фотосинтез растений. Днепропетровск : ДГАУ, 2006. 208 с.
- 20.Бессонова В. П. Методи фітоіндикації в оцінці екологічного стану довкілля. Запоріжжя: Вид-во Запорізького державного університету, 2001. 196 с.
- 21.Бессонова В. П. Практикум з фізіології рослин. Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2006. 316 с.
- 22.Бессонова В. П. Цитофизиологические эффекты воздействия тяжелых металлов на рост и развитие растений: монография. Запорожье: ЗДУ, 1999. 208 с.
- 23.Бессонова В. П., Іванченко О. Є., Пономарьова О. А. Одночасний вплив важких металів (Pb^{2+} і Cd^{2+}) та засолення на стан асиміляційного апарату і вміст пігментів фотосинтезу пажитниці багаторічної. *Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія*. 2015. Вип. 23, Т. 1. С. 15–20.
- 24.Бессонова В. П., Капелюш Н. В., Овчаренко С. В., Письменчук В. Д. Влияние многокомпонентных выбросов автомобильного транспорта на содержание

- хлорофилла в листьях древесных растений. *Бюллетень Никитского Ботанического Сада*. 2004. 89. С. 73–75.
25. Бессонова В. П., Пономарьова О.А. Стан підросту і підліску штучного протиерозійного насадження байраку "Військовий" (Північний Степ України). *Питання біоіндикації та екології*. 2017. Вип. 22, № 1. С. 3–19.
26. Бессонова В. П., Приймак О. П. Вплив викидів автотранспорту на вуглеводний обмін у листках декоративних квітникових рослин. *Вісник Дніпропетровського університету*. 2006. № 3/1. С. 12–21.
27. Бешелей С. В. Екологічні властивості *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth та його середовищотворна роль на відвалах вугільних шахт (Червоноградський гірничопромисловий район) : дис. на здобуття наук. ст. к. б. н. : 03.00.16. Львів, 2016. 147 с.
28. Белик Ю. В. Екологічні особливості деревно-чагарникових видів техногенних екотопів Кривбасу: кваліфікаційна робота. Кривий Ріг : КДПУ, 2018. 110 с.
29. Белик Ю., Євтушенко Е., Савосько В. Екологічні характеристики деревно-чагарникових видів техногенних екотопів Кривбасу. *Молодь і поступ біології: програма та тези доповідей XIV Міжнародної наукової конференції студентів і аспірантів, присвяченої 185 річниці від дня народження Б. Дибовського* (м. Львів, 10–12 квітня 2018 р.). Львів, 2018. 320 с .
30. Белик Ю.В., Євтушенко Е.О. Таксономічний склад деревно-чагарникових угруповань техноекотопів Кривбасу. *Екологічний вісник Криворіжжя*. 2018. Вип. 3. С. 36–39.
31. Белик Ю.В., Лихолат Ю.В., Савосько В.М. Інтродуценти як компонент спонтанної дендрофлори девастрованих земель. *Глобальні наслідки інтродукції рослин в умовах кліматичних змін: матеріали міжнародної наукової конференції присвяченої 30-річчю Незалежності України* (Київ, 5–7 жовтня 2021 р.). Київ, 2021. С. 67–69.
32. Белик Ю.В., Савосько В. М., Лихолат Ю.В. Вміст хлорофілу в листках. деревних видів рослин природно поширених на залізорудному відвалі як маркер екологічних умов девастрованих земель. *Рослини та урбанізація: Матеріали*

сьомої Міжнародної науково-практичної конференції «Рослини та урбанізація» (Дніпро, 3 березня 2021 р.). Дніпро, 2021. С. 83–85.

- 33.Бєлик Ю.В., Савосько В.М., Лихолат Ю.В. Екологічна обумовленість показників життєвості та дендрометричних параметрів дендрофітоценозів природно поширених на девастрованих землях залізорудного відвалу. *Вісник Одеського національного університету. Серія Біологія*. 2022. Т. 7, Вип. 1(50). С. 7 – 23.
- 34.Бєлик Ю.В., Савосько В.М., Лихолат Ю.В. Адвентивні деревні види гранітних кар'єрів м. Кривий Ріг. *Екологія – філософія існування людства:збірник тез VI Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених* (Київ, 17–19 квітня 2019 р.). Київ, 2019. С. 9 – 11.
- 35.Бєлик Ю.В., Савосько В.М., Лихолат Ю.В. Оцінка життєвого стану деревних видів рослин природно поширених на девастрованих землях залізорудного відвалу. *Охорона біорізноманіття та історико-культурної спадщини у ботанічних садах та дендропарках: матеріали міжнародної наукової конференції присвяченої 225-річчю заснування Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України*(28–30 вересня 2021 р., Умань). Умань, 2021. С. 24–29.
- 36.Бєлик Ю. В. Савосько В. М., Лихолат Ю. В. Сучасний стан дендрофітоценозів, природно поширених на девастрованих землях залізорудного відвалу (Кривий Ріг). *Екологічний вісник Криворіжжя*. 2022. Вип.7. С.25–43.
- 37.Бєлик Ю.В., Савосько В.М., Лихолат Ю.В., Герман Хайльмайер. Екологічні особливості вмісту макронутрієнтів в листках деревних видів рослин девастрованих земель гірничо-металургійного регіону. *Еко Форум – 2020: збірка тез доповідей IV спеціалізованого міжнародного Запорізького екологічного форуму*(Запоріжжя, 15 – 17 жовтня 2020 р.). Запоріжжя, 2020. 500 с.
- 38.Бєлик Ю.В., Савосько В.М., Лихолат Ю.В., Іжболдін О.О. Варіабельність умісту фенольних сполук у листках дерев, які природно поширені на девастрованих землях залізорудного відвалу. *Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель*. 2022. Том 51. С. 72 – 85.

- 39.Бігдан С.А., Колеснік Д.В., Шмандій В.М. Оцінка стану екологічної безпеки флори урбанізованих територій методами фітоіндикації. *Сталий розвиток країни в рамках Європейської інтеграції* : Тези доп. Всеукр. науково-практичн. конф. мол. учених. Житомир, 2021. С. 8–10.
- 40.Боговая И. О., Теодоронский В. С. Озеленение населенных мест. М.: Лань, 2012. 241 с.
- 41.Бондарук М. А., Целіщев О. Г. Адвентивна компонента лісових фітоценозів Лісостепу України. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2018. Вип. 133. С. 65–70.
- 42.Бондарчук В. Г. Основы геоморфологии. Москва: Учпедгиз, 1949. С. 292–294.
- 43.Босак П. В. Екологічна безпека стічних вод породних відвалів вугільних шахт Нововолинського гірничопромислового району: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 21.06.01. Львів, 2021. 24 с.
- 44.Булава Л. Н. Физико-географический очерк территории Криворожского горнопромышленного района. Кривой Рог, 1990. 125 с.
- 45.Булигін С. Ю., Вітвіцький С. В., Величко В. А. Охорона ґрунтів. Навчальний посібник. Київ: Видавництво, 2018. 442 с.
- 46.Бурда Р. И. Антропогенная трансформация флоры. Киев : Наук. думка, 1991. 168 с.
- 47.Бухарина И. Л. Характеристика элементов антиоксидантной системы адаптации древесных растений в условиях городской среды. *Вестник Рос. ун–та дружбы народов. Серия : Экология и безопасн. жизнедеятельности*. 2008. № 2. С. 5–13.
- 48.Вальтер Г. Растительность земного шара. Эколого-физиологическая характеристика. Тропические и субтропические зоны. М.: Прогресс, 1968. Т. 1. 552 с.
- 49.Васильев С. В., Чепик Ф. А. Рост и состояние древесных растений в городских условиях. *Фундаментальные и прикладные проблемы ботаники в начале XXI века*: материалы всеросс. науч. конф. Петрозаводск : Карельский научный центр, 2008. С. 194–196.

- 50.Владимиров Д. Р., Ту Вэйго. Некоторые теоретические вопросы адвентивной флоры и её инвазионного субэлемента. *Вестник ВГУ. Серия: География, Геоэкология*. 2016. №3. С.73-78.
- 51.Влияние лесопатологического состояния берёзы повислой на величину флуктуирующей асимметрии листовой пластинки / Гелашвили Д. Б. и др. *Поволжский экологический журнал*. 2007. № 2. С. 106–115.
- 52.Войцехівська О.В., Ситар О.В., Таран Н.Ю. Фенольні сполуки: різноманіття, біологічна активність, перспективи застосування. *Вісник Харків. націон. аграрн. ун-ту. Серія Біологія*. 2015. Вип. 1 (34). С. 104–119.
- 53.Гаврикова, В. С. Скринінг видів клена (*Acer*) як тест-об'єктів для оцінювання ступеня забруднення навколишнього середовища. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2014. Вип. 6. С. 70-73.
- 54.Гайдук М. О. Аналіз форм антропогенного рельєфу як ресурсу для промислового туризму (на прикладі кар'єрів): кваліфікаційна робота. Кривий Ріг : КДПУ, 2018. 129 с.
- 55.Гайко Г. І., Білецький. В. Гірництво в історії цивілізації. Київ : Києво-Могилянська академія, 2015. 483 с.
- 56.Геник Я. В. Дида А. П. Рекультивация: навч. посібник. Львів ННВК:АТБ, 2019. 288 с.
- 57.Геник Я. В. Критерії оцінки ефективності фітомеліоративних робіт. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2014. Вип. 23., № 17. С. 90-94.
- 58.Геник Я. В. Лісовідновлення складних техногенних екосистем Львівщини. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*. 2012. № 1. С. 117–120.
- 59.Герц Н.В., Герц А.І., Польовчик А.В. вивчення особливостей. флуктуаційної асиметрії у деяких видів роду *Acer* L. *Тернопільські біологічні читання — Ternopil Bioscience – 2018: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Тернопіль, 19–21 квітня 2018 р.)*. Тернопіль: Вектор, 2018. С. 90 – 92.

- 60.Глібовицька Н. І. Фізико-хімічні параметри стану листків липи серцелистої (*Tilia cordata* Mill.) в урботехногенних умовах зростання. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Біологія*. 2014. Вип. 18. С. 180–185.
- 61.Глухов А. З., Поляков А. К., Приходько С. А., Суслова Е. П. Дендрарий Донецкого ботанического сада НАН Украины, его научная, эстетическая, рекреационная ценность. *Запорож.мед. журнал*. 2008. Вип. 2 (2). С. 128–130.
- 62.Глухов О. З., Сафонов А. Л., Хижняк Н. А. Фітоіндикація металопресингу в антропогенно трансформованому середовищі. *Донецьк :Норд-Пресс*, 2006. 360 с.
- 63.Гнатів П. С. Адаптація деревних рослин в урбоекосистемі міста Львова. *Лісівнича академія наук України: наукові праці*. Львів, 2003. Вип. 2. С. 108–113.
- 64.Гнатів П. С. Функціональна адаптація деревних рослин до умов урбанізованого середовища на заході України: автореф. дис. ... докт. біол. наук: 03.00.16. Чернівці, 2006. 41с.
- 65.Гнатів П. С. Функціональна діагностика в дендроекології: наукова монографія. Львів: Камула, 2014 . 336 с.
- 66.Гнатів П. С., Артемовська Д. В. Властивості зовнішнього і внутрішнього середовищ листків дерев як чинники адаптації рослин у трансформованому довкіллі. *Наукові праці Лісівничої академії наук України: збірник наукових праць*. Львів: РВВ НЛТУ України. 2009. Вип. 7. С. 98–103.
- 67.Гнатів П. С., Мазепа М. Г., Артемовська Д. В. Буферні властивості та морфо-анатомічні ознаки листків у техногенних умовах зростання дерев. *Науковий вісник УкрДЛТУ: збірник науково-технічних праць*. 2000. Вип. 10, № 2. С. 97–90.
- 68.Голубченко В. Ф., Куліджанов Е. В., Станкова О. В. Сучасний стан забезпечення фосфором ґрунтів Одеської області. *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2019. Вип. 92. С.3–6.

- 69.Горон М., Джура Н., Романюк О. Фітотестування як експрес-метод оцінки токсичності нафтозабруднених ґрунтів. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2012. Вип. 58. С.185–192.
- 70.Григорчук І. Д., Оптасюк О. М., Оптасюк С. В. Біоіндикаційні особливості *Malus Domestica* Borkh. в м. Кам'янці-Подільському. *Вісник Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія Екологія*. 2017. Вип. 2. С. 53–60.
- 71.Григорчук І. Д., Оптасюк О. М., Оптасюк С. В. Біоіндикаційні особливості *Malus Domestica* Borkh. в м. Кам'янці-Подільському. *Вісник Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія Екологія*. 2017. Вип. 2. С. 53–60.
- 72.Гриньова Я. Г., Криштоп Є. А. Проблеми забруднення навколишнього середовища важкими металами та шляхи їх подолання. *Інженерія природокористування*. 2021. № 1(19). С. 111–119.
- 73.Грицай З. В., Бессонова В.П. Содержание углеводов в формирующихся околоплодниках *Acer negundo* L. и *Acer platanoides* L. в условиях промышленного загрязнения. *Проблемы дендрологии, цветоводства, плодоводства, виноградарства и виноделия: матеріали міжнар. конф. Ялта, 1996*. С. 9–12.
- 74.Грицай З. В., Денисенко О. Г. Насіннева продуктивність деревних рослин в умовах забруднення довкілля викидами металургійного підприємства. *Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія*. 2011. Вип. 19, Т. 2. С. 40–44.
- 75.Грицак Л., Барна І., Кодлюк І., Сельська І. Біоіндикаційні методи для потреб системного аналізу якості довкілля. *Конструктивна географія і геоекологія. Наукові записки*. 2017. №2. С.153–165.
- 76.Гришко В. М. Вміст різних за рухомістю форм цинку в ґрунтах урбанізованих територій. *Біологічні системи*. 2012. Т. 4, Вип.2. С. 149–153.

- 77.Гришко В. М., Зубровська О. М. Накопичення важких металів та перебіг вільнорадикальних реакцій в асиміляційних органах деревних рослин в умовах забруднення. *Физиология растений и генетика*. 2015. Т. 47, № 1. С. 47–57.
- 78.Гришко В. М., Піскова О. Особливості акумуляції важких металів у листках деревних рослин при аерогенному забрудненні екотопів. *Інтродукція рослин*. 2014. № 1. С. 93–100.
- 79.Губіна В.Г., Горлицький Б.О. Проблема залізовмісних відходів гірничо-металургійного комплексу України – системний підхід. *Зб. наук. пр. Ін-ту геохімії навколиш. середовища*. 2009. Вип. 17 С. 79–92.
- 80.Гусейнова Е. Р. Життєвий стан деревних насаджень видів роду *Picea* Dietr., в м. Кривого Рогу. *Екологічні дослідження лісових біогеоценозів степової зони України: матеріали Міжнародної наукової конференції (м. Дніпро, 25–27 жовтня 2016 р.)*. Дніпро, 2016. С. 20.
- 81.Данильчук Н. М. Життєздатність видів роду *Populus* L. на залізорудних відвалах Криворіжжя : автореф. дис. ... канд. біол. наук : 03.00.16. Львів, 2021. 23 с.
- 82.Данько В.Н. Лесопригодность местообитаний разровненных отвалов и асортимент древесных и кустарниковых пород, для их облесения. Труды координ. совещ. «Рекультивация земель, нарушенных при добыче полезных ископаемых». Тарту: ЗО ВАСХНИЛ, 1975. С. 25–30.
- 83.Двуреченский В. Н. Сопряженность динамики техногенных и естественных ландшафтов. *Вопросы структуры и динамики ландшафтных комплексов*. 1977. С. 134–139.
- 84.Денисик Г. И. Техногенные ландшафты Подолья: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Київ, 1984. 18 с.
- 85.Денисик Г. І. , Козинська І. П. Промислові ландшафти регіону видобутку уранових руд в Україні. Вінниця : Вінницька обласна друкарня, 2015. 244 с.
- 86.Денисик Г. І., Казаков В. П., Ярков С. В. Сингенез рослинного покриву у ландшафтах зон техногенезу : монографія. Вінниця: ПП«Едельвейс і К», 2012. 240 с.

- 87.Денисик Г. І., Коптева Т. С. Криворізька ландшафтно-технічна система: розвиток, сучасний стан, шляхи оптимізації. *Фізична географія та геоморфологія*. 2021. № 105–107. С. 25–29. DOI: <https://doi.org/10.17721/phgg.2021.1-3.03>
- 88.Денисик Г. І., Стефанков Л. І. Сучасні напрями досліджень антропогенних ландшафтів в Україні. *Географічні аспекти стійкого розвитку регіонів*. Гомель: ДГУ ім. Ф. Скоріни, 2017. С. 15–18.
- 89.Джиган О. П. Вплив інгредієнтів викидів автотранспорту на анатомічну будову листків *Tagetes patula* L. та *Salvia splendens* Ker.-Gawl. в умовах Дніпропетровського мегаполісу. *Питання біоіндикації та екології*. 2014. Вип. 19, № 2. С. 103–120.
- 90.Добровольский И. А. Фитоиндикация промышленного загрязнения воздуха в Криворожском железорудном бассейне. Растения и промышленная среда. К. : Наук. думка, 1976. С. 13–14.
- 91.Добровольский И. А., Шанда В. И. Аллелопатические аспекты сингенеза в техногенных экотопах Криворожья. *Пробл. аллелопатии. Тез. докл. IV Всесоюзн. совещ. по физиолого-биохимич. основам взаимодействия раст. в фитоценозах*. К. : Наук. думка, 1976. С. 129-130.
- 92.Добровольський І. О., Шанда В. І., Гаєва Н. В. Характер і напрямки сингенезису в техногенних екотопах Кривбасу. *Український ботанічний журнал*. 1979. № 6. С. 524–527.
- 93.Довгий С.О., Коржнева М. М., Трофимчук М. О. Геологічна будова та сучасні геолого-економічні й екологічні умови видобутку і переробки залізних руд Криворізько-Кременчуцької зони: монографія. / за ред. М. М. Коржнева. Київ: Ніка-Центр, 2017. 208 с.
- 94.Долина О. О. Едафотопи та фітоценози індустріальних ландшафтів Криворізького залізорудного басейну: просторова структура та особливості формування: автореф. дис. ... к. б. н.: 03.00.16. Київ, 2015. 20 с.

- 95.Дубова О., Войтович О. Антропогенна трансформація фітоценозів в умовах забруднення довкілля викидами металургійного підприємства. *Вісник Запорізького державного університету*. 2001. № 1. С. 1–5.
- 96.Екологічний паспорт міста Кривого Рогу. Кривий Ріг, 2017. 56 с.
- 97.Енциклопедія Криворіжжя : у 2-х т. / упоряд. В. П. Бухтіяров. Кривий Ріг : ЯВВА, 2005. Т. 2. 816 с.
- 98.Енциклопедія Криворіжжя : у 2-х т. / упоряд. В. П. Бухтіяров. Кривий Ріг : ЯВВА, 2005. Т. 1. 704 с.
- 99.Ерофеева Е. А., Наумова М. М. Взаимосвязь физиологоморфологических показателей. *Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского*. 2010. № 1. С. 140–143.
100. Євтехов В. Д., Євтехов Є. В. Сучасний етап розвитку мінерально-сировинної бази залізорудних родовищ Криворізького басейну. *Записки Українського мінералогічного товариства*. 2011. Т. 8. С. 62–65.
101. Євтушенко Е. О, Коваленко Л. Г. Вид *Aceg pegundo* L. в культурфітоценозах ПАТ ЦГЗК: морфометричні показники. *Екологічний вісник Криворіжжя*. 2018. Вип. 3. С. 42–44.
102. Євтушенко Е. О., Поздній Є. В., Комарова І. О., Коваленко Л. Г. Еколого-таксономічна структура деревно-чагарникових рослинних угруповань промислових майданчиків ПрАТ «Центральний гірничо-збагачувальний комбінат». *Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель*. 2019. Вип. 48. С. 47–60.
103. Єгоршин О. О., Лісовий М. В. Математичне планування польових дослідів та статистична обробка експериментальних даних. Харків: ННЦ Інститут ґрунтознавства та агрохімії УААН, 2005. 194с.
104. Єременко Н.С. 2017. Залізорудні відвали Криворіжжя як рефугіуми раритетних видів. *Регіональні проблеми вивчення і збереження біорізноманіття: матеріали міжнар. наук. конф. (м. Чернівці, 5–6 жовтня 2017 р.)*. Чернівці, 2017. С. 39–41.

105. Єременко Н.С. Сингенетичні зміни рудеральної рослинності Кривого Рогу. *Український ботанічний журнал*. 2019. Т. 76, Вип. 1. 31–41.
106. Єфіменко В.І., Єфіменко В. В., Шестаков А. М. Кривий Ріг – моє місто. *Збірник з питань екологотехногенного стану середовища міста, його промислових об'єктів*. Кривий Ріг: Криворізький технічний університет, 2008. 80 с.
107. Жуков С.П. Антропогенна сукцесія рослинності відвалів вугільних шахт Донбасу: автореф. дис. на здобуття наукового ступеня канд. біол. наук. Дніпропетровськ, 1999. 19 с.
108. Зайцев Г. Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. Москва : Наука, 1984. 424 с.
109. Зайцев Г.А., Моторина Л.В., Данько В.Н. Лесная рекультивация. М.: Лесная промышленность, 1977. 128 с.
110. Закон України «Про охорону земель» від 19.06.2003 № 962-IV/ Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2003. № 39. С.349.
111. Запрометов М. Н. Фенольные соединения: распространение, метаболизм и функции в растениях. М.: Наука, 1993. 272 с.
112. Зверковский В. Н. Особенности развития корневых систем древесных пород в условиях различной стратиграфии искусственных почво-грунтов рекультивируемых шахтных отвалов Западного Донбасса. *Мониторинговые исследования лесных экосистем степной зоны, их охрана и рациональное использование*: межвуз.сб. Днепропетровск, 1988. С. 129–137.
113. Зверковский В.Н. Биогеоценологическое обоснование лесной рекультивации земель, нарушенных угольной промышленностью в степной зоне Украины: дисс. ... д-ра биол. наук: 03.00.16. Днепропетровск, 1999. 566 с.
114. Зверковський В. М., Шамрай М. В. Еколого-біологічні особливості зеленого будівництва у промислових зонах міст. *Рослини та урбанізація*: матеріали шостої міжнародної науково-практичної конференції (м. Дніпро, 5 березня 2019 р.). Дніпро, 2019. С. 22–25.
115. Здоровье среды : практика оценки / Захаров В. М. и др. М., 2000. 320 с.

116. Злобин Ю.А., Скляр В.Г., Клименко А.А. Популяции редких видов растений: теоретические основы и методика изучения. Сумы: Универ. книга, 2013. 439 с.
117. Зубов А. О.Особливості охорони ґрунтів від ерозійної деградації та забруднення в промислових регіонах. Агроекологія, радіологія, меліорація. 2019. №7 (796). С. 60–67.
118. Иванов Н. Н. Пояса континентальности земного шара. *Известия ВГО*. 1959. № 5. С. 8–19.
119. Илькун Г. М. Загрязнители атмосферы и растения. К. : Наукова думка, 1978. 274 с.
120. Исаченко А. Г. Ландшафты СССР. Л., 1986. 348 с.
121. Иванов Є. А. Еколого-ландшафтознавчі дослідження територій порушених гірничо-видобувною промисловістю (на прикладі Яворівського ДГХП «Сірка»). *Географія і сучасність*. 1999. Вип. 1. С. 94–100.
122. Иванов Є. Геокадастрові дослідження гірничопромислових територій : монографія. Львів : ВЦ ЛНУ ім. І. Франка, 2009. 372 с.
123. Иванов Є. Особливості зникнення гірничопромислових і постмайнінгових ландшафтних систем. *Вітчизняна наука на зламі епох: проблеми та перспективи розвитку* : матер. XXIII-ої Всеукр. наук.-практ. інтерн.-конф. : зб. наук. праць (м. Переяслав-Хмельницький, 20–21 травня 2016 р.). Переяслав-Хмельницький, 2016. С. 34–36.
124. Іванько І. А., Кулік А. Ф. Оцінка адаптаційних можливостей аборигенних та адвентивних видів деревних рослин Дніпропетровщини. *Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель*. 2021. Том 50. С. 12–21. DOI: doi.org/10.15421/442102.
125. Іващенко І. В. Дослідження фенольних сполук полину естрагонового (*Artemisia dracunculus* L.) за інтродукції в Житомирському Поліссі. *Агроекологічний журнал*. 2016. № 2. С. 60–64.
126. Історія Криворіжжя: сучасний погляд на історичні періоди, постаті та краєзнавчі дослідження: зб. статей. Кривий Ріг: Видавничий дім, 2011. 160 с.

127. Іщук Л. П. Аналіз екобіоморф автохтонних видів роду *Salix* L. в Україні. *Автохтонні та інтродуковані рослини*. 2014. Вип. 10. С. 12–18.
128. Казаков В. Л. Геоморфологічна структура кар'єрів і їх класифікації. *Актуальні проблеми геології, географії, екології*. 2001. Вип. 3. С. 31–36.
129. Калимова И. Б. Токсическое действие тяжелых металлов и устойчивость к ним проростков злаков : автореф. дис. ... канд. биол. наук : спец. 03.00.16. Санкт-Петербург, 2009. 17 с.
130. Капелюш Н. В. Вплив аерогенного забруднення на показники асиміляційного апарату деревних рослин міста Запоріжжя. *Вісник Запорізького національного університету. Біологічні науки*. 2012. № 3. С. 111–115.
131. Кармизова Л.О., Барановський Б.О., Лісовець О.І., Іванько І.А. Адвентивна фракція флор міських територій Дніпропетровщини. *Синантропізація рослинного покриву України: матер. III Всеукр. наук. конф.(м. Київ, 26-27 вересня 2019 р.)*. Київ. 2019. С. 74–77.
132. Карпенко С.В., Євтехов В.Д., Євтехова Г.В. Топомінералогія супутніх корисних копалин Ганнівського залізорудного родовища Криворізького басейну. *Геолого-мінералогічний вісник*. 2008. Вип. 1 (19). С. 82–84.
133. Квітко М. О., Савосько В. М. Екологічні особливості відносного життєвого стану лісових культурфітоценозів Криворіжжя. *Питання біоіндикації та екології*. 2018. Вип. 23, № 2. С. 34-57.
134. Киризий Д. А., Соколовская-Сергиенко О. Г., Стасик О. О. Углекислотный газообмен на свету и активность антиоксидантных ферментов хлоропластов флаговых листьев озимой пшеницы. *Физиология растений и генетика*. 2014. Т. 46, № 2. С. 121-135.
135. Козинська І. П. Ранні етапи формування гірничопромислових ландшафтів Правобережного лісостепу. *Фізична географія та геоморфологія*. 2008. Вип. 54. С. 156–162.

136. Колеснікова В. В. Удосконалення технологій підготовки схилів породних відвалів до озеленення. *Проблеми екології : загальнодержавний наук.-техн. журнал*. 2007. № 1–2. С. 41–46.
137. Колупаєв Ю. Є. Стресові реакції рослин: молекулярно-клітинний рівень. Харків, 2001. 171 с.
138. Комарова І. О. Вміст важких металів у рекреаційних та промислових зонах Криворіжжя. *Ґрунтознавство: науковий журнал*. 2013. Вип. 14, № 3–4. С. 35–42.
139. Комарова І. О. Еколого-біологічні особливості *Taraxacum officinale* Wigg за дії забруднення важкими металами в умовах промислового Криворіжжя : автореф. дис. на здобуття вченого ступеня канд. біол. наук: спеціальність 03.00.16 – «Екологія». Дніпро, 2019. 194 с.
140. Комарова І. О. Особливості функціонування рослинного організму в урботехногенній екосистемі (аналіз стану проблеми). *Питання біоіндикації та екології*. 2015. Вип. 20, № 2. С. 18 – 29.
141. Комарова І. О. Регіональні особливості накопичення рухомих форм важких металів у ґрунтах на території м. Кривий Ріг. *Біологія та екологія ґрунтів: матеріали наукової конференції (м. Львів, 14-16 жовтня 2015 р.)*. Львів, 2015. С. 75 – 77.
142. Константинов Е. Л. Особенности флуктуирующей асимметрии листовой пластинки берёзы повислой (*Betula pendula* Roth.) как вида биоиндикатора : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.16. Калуга, 2005. 21 с.
143. Копій М. Л. Біологічна рекультивація як один із методів відтворення та використання девастрованих земель (на прикладі сірчаних кар'єрів Львівщини). *Техногенно-екологічна безпека України : стан та перспективи розвитку* : зб. матеріалів V Всеукр. наук.-практ.інтернет-конф.(10-20 листопада 2015 р.). Ірпінь: НУДПСУ, 2015. С. 131–133.
144. Копій М. Л. Вплив сукцесійних процесів на відтворення порушених земель в межах Яворівського сірчаного кар'єру Львівської області. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2018. Вип. 28. С. 45–50. DOI:10.15421/40280809.

145. Копій М. Л., Вицега Р. Р., Копій С. Л. Особливості росту та розвитку лісостанів на порушених землях відвалів Новороздільського сірчаного кар'єру. Науковий вісник НЛТУ України. 2017. Вип. 27, №1. С. 44–47.
146. Копій М. Л., Гончар В. М., Копій С. Л. Фітомеліоративна роль рослинного покриву у відтворенні девастрованих земель в межах сірчаних розробок Західного Лісостепу : монографія. Рівне : НУВГП, 2019. 230 с.
147. Копій М. Л., Марутяк С. Б., Копій Л. І. Аналіз морфологічної структури та хімічного складу порушених ґрунтів у межах Новороздільського ДГХП «Сірка». Науковий вісник НЛТУ України: зб. наук.-техн. праць. 2016. Вип. 26.4. С. 212–219.
148. Коптева Т. С. Жовтневий гранітний кар'єр: історія формування та перспектива розвитку. *Проблеми безперервної географічної освіти і картографії*. 2021. № 33. С. 78–83. DOI: <https://doi.org/10.26565/2075-1893-2021-33-09>.
149. Коптева Т. С. Конструктивно-географічні дослідження гірничопромислових ландшафтів. *Перспективні шляхи розвитку науки та освіти* : матеріали Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. Дніпро: НОК, 2019. С. 20–24.
150. Коптева Т. С. Октябрський гранітний кар'єр: сучасний стан і перспективи розвитку. *П'яті Сумські наукові географічні читання*: матеріали Всеукр. наук. конф. Суми, 2020. С. 186–188.
151. Коптева Т.С. Висотна диференціація та різноманіття гірничопромислових ландшафтів Криворіжжя: дис. ... доктора філософії (PD). Вінниця : ВДПУ, 2021. 163 с.
152. Корецкая Є. В., Дитятковська Є. М. Особливості пилкової сенсibiliзації у хворих на поліноз у місті дніпро. астма та алергія. 2019. Вип.3. С. 29-34. DOI: 10.31655/2307-3373-2019-3-29-34.
153. Корнелюк Н. М., Мислюк О. О. Природні фактори аеротехногенного забруднення м. Черкаси важкими металами. *Вісник Львівської політехніки. Сер. «Хімія, технологія речовин та їх застосування»*. 2007. № 590. С. 260–269.

154. Корнелюк Н. М., Хоменко О. М. Особливості біоаккумуляції важких металів деревною рослинністю в зоні локальної дії Черкаської теплоелектроцентралі (на прикладі м. Черкаси). *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. № 8(1). С. 953–960. DOI: 10.15421/2018_298.
155. Коршиков И. И. Адаптация растений к условиям техногенно загрязненной среды. Киев: Наук. думка, 1996. 238 с.
156. Коршиков И. И. Красноштан О. В. Жизнеспособность древесных растений на железорудных отвалах Криворожья. Донецк, 2012. 280 с.
157. Коршиков И. И., Жуков С. П. Самовозобновление древесных растений на отвалах угольных шахт Донбасса. *Промышленная ботаника*. 2008. Вып. 8. С. 17–23.
158. Коршиков И. И., Котов В. С., Михеев И. П. Взаимодействие растений с техногенно загрязнённой средой. К.: Наук. думка, 1995. 192 с.
159. Коршиков И.И., Красноштан О.В., Пастернак Г.А. Видовое разнообразие древесных растений на промышленных отвалах степной зоны Украины. *Вісн. Дніпропетр. держ. аграрного ун-та*. 2012. № 2. С. 24–28.
160. Коршиков І. І., Суслова О. П., Петрушкевич Ю. М. Деревні рослини в умовах промислових міст Степу: монографія. Одеса : Видавничий дім «Гельветика», 2020. 456 с.
161. Коршиков І. І., Шевчук Н. Ю., Гусейнова Е. Р. Зміни окрасу і вмісту фотосинтетичних пігментів у хвої *Picea pungens* Engelm. в умовах міських насаджень. *Інтродукція рослин*. 2019. № 1 (81). С. 82–89.
162. Костильов О. В. Рудеральна рослинність України. *Український ботанічний журнал*. Т. 5, № 1. С. 13–20.
163. Кохно Н. А., Курдюк А. М. Теоретические основы и опыт интродукции древесных растений в Ураине. К.: Наук. думка, 2004. 188 с.
164. Краснов В. П., Шелест З. М., Давидова І. В. Фітоекологія з основами лісівництва. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2014. 478 с.

165. Криворізький залізорудний басейн. До 125-річчя з початку промислового видобутку залізних руд / за ред. Ю. Г. Вілкул. Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ. 2006. 583 с.
166. Криворучкіна О.В. *Екологічний стан Кривбасу: проблеми та шляхи їх вирішення*: матеріали виїзного засідання комітету з питань екологічної політики та природокористування, 24–25 жовтня 2019 р. Кривий Ріг, 2019. С. 3–69.
167. Куделя А. Д. Комплексное использование минеральных ресурсов железорудных горнообогатительных комбинатов УССР. Київ: Наукова думка, 1984. 496 с.
168. Кузьович В. С., Бідолах Д. І., Підховна С. М. та ін. Впорядкування зелених насаджень та благоустрій території Лановецького зооботсаду в Тернопільській області. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2020. Т.30, №3. С. 18–23.
<https://doi.org/10.36930/40300303>
169. Кучеревський В.В., Провоженко Т.А. Структура флори рослинних угруповань з участю *Chamaecytisus graniticus* (Rehmann) Rothm. (Fabaceae Lindl.) *Чорноморський ботанічний журнал*. 2012. Т. 8, №. 3. С. 257-264.
170. Ліханов А. Ф., Середа О. В., Кляченко О. Л., Мельничук М. Д. Вплив оксикоричних і оксибензойних кислот на синтез пластидних пігментів і фенольних сполук у листках винограду (*Vitis vinifera*) *in vitro*. *Физиология растений и генетика*. 2018. Т. 50, № 4. С. 331–343.
171. Лебедев Ю. С. Месторождения железо-докембрийского возраста. *Природа украинского СССР*. Геология полезные ископаемые. Киев : Наукова Думка, 1986. С. 95–100.
172. Лещенюк О. М., Мазура, М. Ю. Зміна анатомічних показників листків *Forsythia europaea* Degen & Bald. за дії викидів автотранспорту. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2021. Т. 31, № 5. С. 29-35. DOI: <https://doi.org/10.36930/40310504>
173. Липа О. Л. Дендрологія з основами акліматизації. Київ: Вища школа. 1977. 422 с.
174. Лихачев С. В., Пименова Е. В., Жакова С. Н. Индикация фторидного загрязнения в экологическом мониторинге территории г. Перми с помощью *Acer*

- negundo* L. *Известия высших учебных заведений. Естественные науки*. 2019. №3 (27). С. 110 – 118.
175. Лихолат Ю. В., Савосько В. М., Бєлик Ю.В. Адвентивні деревно-чарникові види рослин на гранітних карєрах. *Досягнення науки і перспективи: матеріали I Науково-практичної конференції (Вроцлав, 31 травня 2019 р.)*. Вроцлав, 2019. 112с.
176. Літвінов Ю. І. Технологічні засади розкриття та розробки горизонтальних кар'єрних полів при обмеженому порушенні природних ресурсів : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.15.03. Дніпро, 2018. 20 с.
177. Ліханов А. Ф., Пентелюк О. С., Григорюк І. П., Костенко С. М. Просторова специфічність нагромадження фенолів у листках рослин гіркокаштана звичайного (*Aesculus hippocastanum* L.). *Біоресурси і природокористування*, 2016. Т.8, №3–4. С. 5–13.
178. Лобов І. М. Функціонально-планувальна реабілітація забудови порушених територій (на прикладі Донецько-Макіївської агломерації) : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. арх.: 18.00.04. Київ, 2002. 20 с.
179. Луцишин О. Г., Шандра О. В., Палапа Н. В. Вплив техногенного забруднення на функціональний стан зелених зон Київського мегаполісу. *Захист довкілля від антропогенного навантаження*. 2008. Вип. 1(17). С. 76–87.
180. Лысый А.Е., Рыженко С.А., Козьрин И.П. Экологические и социальногигиенические проблемы и пути оздоровления крупного промышленного региона. *Кривой Рог*, 2007. 428 с
181. Мазур А. Ю., Кучеревський В. В. Роль Криворізького ботанічного саду в озелененні та рекультивації порушених земель Кривбасу. *Науковий вісник УкрДЛТУ*. 2001. Вип. 11.5. С. 193–199.
182. Мазур А. Ю., Кучеревський В. В., Баранець М. О. Криворізький ботанічний сад : науково-довідникове видання. Дніпро : Проспект, 2006. 127 с.
183. Мазур А.Ю., Кучеревський В.В., Шоль Г.Н. Біотехнологія рекультивації залізорудних відвалів шляхом створення стійких трав'янистих рослинних угруповань. *Наука та інновації*. 2015. Т.11, №4. С.41–52.

184. Малайчук Ю. А., Мариновська Д. М., Комарова І.О. Аналіз впливу підприємств гірничорудного комплексу на деревні види рослин». *Екологічний вісник Криворіжжя*. 2018. Вип. 3. С. 62-65. DOI:10.31812/ecobulletinkrd.v3i.6868.
185. Малахов І. М. Техногенез у геологічному середовищі. Кривий Ріг: ОктантПринт, 2003. 252 с.
186. Малахов И. Н. Новая геологическая сила. Кривой Рог: Отделение морской геологии и осадочного рудообразования, 2009. 312 с.
187. Малахов І. М. Вплив процесів видобутку залізних руд на стан навколишнього середовища та екологічну безпеку у Криворізькому гірничовидобувному регіоні : автореф. дис.д-ра геол. наук. 21.06.01.Київ, 2006. 38 с.
188. Малахов І. М. Усталений розвиток гірничодобувного регіону і стан його довкілля. Проблеми фундаментальної екології: структура угруповань. Ч.ІІІ: *Аспекти оптимізації угруповань і довкілля*. Кривий Ріг, 1996. С. 42-44.
189. Маленко Я. В. Особливості таксономічного та екоморфічного складу рослинних угруповань відвалів південно-західної зони Кривбасу:автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.16. Дніпропетровськ, 2001.15 с.
190. Мануйлова Г. М. Розвиток рослинності на дегазованих землях гірничодобувних підприємств. *Науковий вісник УкрДЛТУ*. 2004. Вип. 14, № 4. С. 34–37.
191. Масюк А. Н. Особенности формирования корневой системы робинии лжеакации в разных лесорастительных условиях, созданных на рекультивированных землях. *Грунтознавство*. 2009. Т. 10, № 1–2. С. 65–70.
192. Масюк О. М. Особливості формування кореневої системи маслинки вузьколистої на техноземах Семенівсько-Головківського буровугільного розрізу. *Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель*. 2013. Вип. 42. С. 91–96.
193. Мельник О.О., Балабанов С.В. Історична енциклопедія Криворіжжя. Кривий Ріг, 2007. 540 с.
194. Меркулов В. А. Охрана природы на угольных шахтах. М: Недра, 1981. 183 с.

195. Методи аналізу даних : навчальний посібник для студентів / під ред. В.Є. Бахрушин. Запоріжжя : КПУ, 2011. 268 с.
196. Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ (оценка стабильности развития живых организмов по уровню асимметрии морфологических структур). М., 2003. 24 с.
197. Методы изучения лесных сообществ / Е. Н. Андреева и др. СПб : НИИ Химии СПбГУ, 2002. 240 с.
198. Мильков Ф. Н. Человек и ландшафты. Очерки антропогенного ландшафтоведения: монография. Москва: Мысль, 1973. 224 с.
199. Мироненко П. Л. Особливості поширення основних видів морфоскульптури у межах Лубенського району Полтавської області. *Реформування та розвиток гуманітарних та природничих наук*: матеріали другої науково-практичної конференції (м. Полтава, 22-23 травня 2020 р.). Херсон: Видавництво «Молодий вчений», 2020. 148 с.
200. Науково-методичні рекомендації щодо поліпшення стану земель, порушених гірничими роботами (створення техногенних ландшафтних заказників, екологічних коридорів, відновлення екосистем). Дніпропетровськ: Моноліт, 2007. 270 с.
201. Николаевский В. С. Биологические основы газоустойчивости растений. Новосибирск : Наука, 1979. 280 с.
202. Новаковський Л. Я., Новаковська І. О. Екологоекономічні та правові проблеми охорони земель. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 11. С. 62–70.
203. Обґрунтування та розробка технології збагачення відходів переробки магнетитових кварцитів АТ «ПВДГЗК» / Олійник Т. А та ін. *Загальні питання технологій збагачення*. 2019. Вип. 2. С. 23–30.
204. Одукалец І. О. Морфолого-фізіологічні зміни деревних рослин за атмосферного забруднення. *Питання біоіндикації та екології*. 2011. Вип. 16, № 1. С. 54–78.

205. Орлова Л. Д., Коваль О. В, Оніпко В. В. Біоморфологічна характеристика лучної фракції флори парків м. Полтава. *Біологія та екологія*. 2017. Т. 3, № 1–2. С. 28–37.
206. Орлова Л.Д., Власенко Н.О., Коваль О.В. Екоморфічний аналіз лучного компоненту флори парків м. Полтави. *Біологія та екологія*. 2018. Т. 4, № 1. С. 45 – 52.
207. Орловський Б. М. Залізорудна промисловість України в дореволюційний період: історико-економічний нарис. Київ: Наук. думка, 1974. 183 с.
208. Павленко А. О., Красова О. О., Коршиков І. І. Сингенетичні процеси на залізорудних відвалах північної частини Криворіжжя. *Український ботанічний журнал*. 2017. Т. 74, Вип. 4. С. 360–372.
209. Палієнко В. П. Механізми, режими та обстановки сучасного геоморфогенезу на території України. *Український географічний журнал*. 2003. № 4. С. 19–28.
- Чорнозёмы СССР / под ред. В. М. Фридланда. М. : Колос, 1981. 265 с.
210. Пастернак В. П., Назаренко В. В. Лісова таксація: навч.-метод. посіб. Харків: ХНАУ, 2019. 111 с.
211. Петрушкевич Ю. М. Використання *Betula pendula* Roth як біоіндикатора стану навколишнього середовища м. Кривий Ріг. *Актуальні проблеми ботаніки та екології*: матеріали міжнародної конференції молодих учених (3–4 вересня, 2018 р., смт. Кирилівка). Кирилівка, 2018. С. 53.
212. Петрушкевич Ю. М. Вплив промислових умов на величину флуктуючої асиметрії листкової пластинки *Betula pendula*. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка*. Біологія. 2018. № 1 (72). С. 82–89.
213. Петрушкевич Ю. Н. Самовозобновление берёзы повислой на отвалах Кривого Рога. Екологічні дослідження лісових біогеоценозів степової зони України: матеріали міжнародної наукової конференції (25–27 жовтня 2016 р., м. Дніпропетровськ). Дніпропетровськ : Ліра, 2016. С. 53–54.

214. Поворотня М. М. Еколого-фізіологічний аналіз стійкості видів роду *Acer* у техногенних умовах теплових електростанцій Дніпропетровщини : автореф. дис. ... к. б. н. : 03.00.16. Дніпропетровськ, 2016. 24 с.
215. Попович В. В. Вплив кліматичних умов на розвиток рослинності техногенних ландшафтів Малого Полісся у зимовий період. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2009. Вип. 19.3. С. 37–42.
216. Попович В. В. Девастовані ландшафти в зоні нагромадження твердих побутових відходів і їх фітомеліорація. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2013. Вип. 23, №9. С. 376–380.
217. Попович В. В. Фітомеліорація згасаючих териконів Львівсько-Волинського вугільного басейну. Монографія. Львів: ЛДУБЖД, 2014. 174 с.
218. Попович В. В., Підгородецький Я. І., Піндер В. Ф. Типологія териконів Львівсько-Волинського вугільного басейну. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2016. Вип. 26(8). С. 238–243. DOI: <https://doi.org/10.15421/40260837>
219. Попович В.В. Вплив кліматичних умов на розвиток рослинності техногенних ландшафтів Малого Полісся у зимовий період. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2009. Вип. 19, № 3. С. 37–42.
220. Попович В.В., Мисяк Р.І., Брунець К.С. Природна фітомеліорація вугільних відвалів. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2011. Вип. 21, № 4, С. 127–131.
221. Пошук методів комплексної переробки, повторного використання та утилізації промислових відходів Центрального Гірничозбагачувального комбінату / Ю. Г. Вілкул та ін. *Форум гірників – 2018* : матеріали міжнар. наук.-техн. конф. (м. Дніпро, 10-13 жовт. 2018 р.). Дніпро : Середняк Т. К., 2018. С. 277–288.
222. Практикум з ґрунтознавства : Навчальний посібник / за ред. проф. Д. Г. Тихоненка. Харків : Майдан, 2009. 447 с.
223. Природнича географія Кривбасу / Казаков В. Л. и др. Кривий Ріг : КДПУ, 2005. 156 с.
224. Приседський Ю. Г. Фотосинтез. Методичний посібник з виконання лабораторних робіт та самостійної роботи. Вінниця: ДонНУ, 2016. 68 с.

225. Приседський Ю. Г., Лихолат Ю. В. Адаптація рослин до антропогенних чинників (підручник для студентів спеціальностей біологія, екологія та середня освіта вищих навчальних закладів). Вінниця : ТОВ "Нілан-ЛТД", 2017. 98 с.
226. Прокопенко Н. І., Гуца А. І. Рекультивація як один із заходів щодо відновлення земель. *Актуальные научные исследования в современном мире*. Переяслав-Хмельницький. 2020. Вып. 11 (67), Ч. 11. С. 152–154.
227. Просандєєв М. І. Забезпеченість запасами руд чорних металів гірничих підприємств України та проблеми їх експлуатації. *Екологія і природокористування*. 2010. Вип. 13. С. 32–48.
228. Протопопова В. В. Синантропная флора Украины и пути ее развития. Киев: Наук. думка, 1991. 204 с.
229. Протопопова В. В., Мосякін С. Л., Шевера М. В. Види-трансформери у флорі північного Причорномор'я. *Український ботанічний журнал*. 2009. Т. 66, № 6. С. 770–782.
230. Протопопова В. В., Мосякін С. Л., Шевера М. В. Вплив неаборигенних видів рослин на біоту України // Оцінка і напрямки зменшення загроз біорізноманіття / Ред.О. Дудкін. К.: Хімджест, 2003.С. 129–155.
231. Протопопова В. В., Шевера М. В. Інвазійні види у флорі України. І. Група високо активних видів. *Geo & Bio*. 2019. Т. 17. С. 116-135.
232. Протопопова В. В., Шевера М.В. Адвентизація природних та штучних екосистем Причорномор'я. *Наук. вісн. нац. аграрн. ун-ту*. 2006. Т. 93. С. 78–88.
233. Протопопова В.В. Синантропная флора Украины и пути ее развития. К.: Наукова думка, 1991. 204 с.
234. Протопопова В.В., Мосякін С.Л., Шевера М.В. Фітоінвазії в Україні як загроза біорізноманіттю: сучасний стан і завдання на майбутнє. К.: Інститут ботаніки НАН України, 2002. 32 с.
235. Проценко І. А. Меліоративні властивості захисних лісових насаджень на рекультивованих відвалах Юрківського буровугільного кар'єра: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.03.01. Київ, 2021. 27 с.

236. Проценко І. А., Лобченко Г. О., Юхновський В. Ю. Особливості росту та фітомеліоративні властивості насаджень дуба червоного на рекультивованих землях Черкащини. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2019. Т. 29, № 5. С. 60-65. DOI: <https://doi.org/10.15421/40290512>.
237. Рева М. Л., Бакланов В. И. Древесные растения на терриконах Донбасса. Растения и промышленная среда. Київ: Наукова думка, 1971. С. 133–135.
238. Рева М. Л., Хархота А. И. Естественная растительность на терриконах угольных шахт Донбасса. *Растения и промышленная среда: Материалы I Укр. конференции*. К.: Наук. думка, 1968. С. 146–152.
239. Рева С. В., Шанда В. І., Комісар І. О. Заселення вищими рослинами відвалів Криворізького басейну. *Український ботанічний журнал*. 1993. Т. 50, Вим. 3. С. 58–65.
240. Реймерс Н.Ф. Природопользование: Словарь-справочник. Москва, 1990. 637 с.
241. Родінкова В. В., Юр'єв С. Д. Чутливість населення до чинників полінозу в Україні за даними молекулярної діагностики алергії ALEX. *Клінічна імунологія. Алергологія. Інфектологія*. 2019. № 2 (115). С.21 – 25.
242. Романик Н. М. Оптимізація дегазованих ландшафтів Яворівського гірничо-хімічного комбінату шляхом фіто меліорації. *Проблеми урбоекології та фітомеліорації. Науковий вісник*. 2003. Вип. 13.5. С. 63–66.
243. Савосько В. М. Вплив комбінацій меліорантів і термінів їхньої дії на фітотоксичність субстратів шахтних хвостосховищ Криворіжжя. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2012. Вип.60. С. 208–214.
244. Савосько В. М. Ґрунтознавство : опорний конспект лекцій. Кривий Ріг : Криворізький державний педагогічний університет, 2021. 306 с.
245. Савосько В. М. Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвах, прилегающих к Северному горнообогатительному комбинату (Кривбасс). *Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія*. 2000. Вип. 8, Т. 2. С. 64–69.

246. Савосько В. М., Домшина К. М., Савосько В. В. Морфологічні особливості листків берези повислої культурдендроценозів степу в умовах промислового міста. *Питання біоіндикації та екології*. Запоріжжя: ЗНУ, 2013. Вип.18. № 2. С. 121–133.
247. Савосько В. М., Католиченко О. М. Флюктуюча асиметрія листків берези повислої в умовах аеротехногенного забруднення Криворіжжя. *Питання біоіндикації та екології*. 2014. Вип. 19, № 2. С. 90-92.
248. Савосько В. М., Квітко М. О. Сучасний життєвий стан лісових культурфітоценозів Криворіжжя. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2017. Вип. 75. С. 75–82.
249. Савосько В. М., Квітко М. О. Сучасний стан основних насаджень Довгинцівського дендропарку (м. Кривий Ріг). *Промышленная ботаника*. 2014. Вип. 14. С. 106-114.
250. Савосько В. М., Лихолат Ю. В., Белик Ю. В. Апофітні та адвентивні деревні види на дегазованих землях гранітних кар'єрів Криворіжжя. *Біоресурси і природокористування*. 2019. Том 11, № 1–2. С. 14–25. DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/bio2019.01.002>
251. Савосько В. Н. Локальное фоновое содержание тяжелых металлов в почвах Криворожского железорудного региона. *Грунтознавство*. 2009. Т. 10, № 3–4. С. 64–73.
252. Савосько В., Лихолат Ю., Домшина К. Екологічна та геологічна зумовленість поширення дерев і чагарників на дегазованих землях Криворіжжя. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. 2018. № 27 (1). С. 116-130. DOI: 10.15421/111837.
253. Савосько В.М., Лихолат Ю.В., Белик Ю.В., Григорюк І.П. Апофітні та адвентивні деревні види на дегазованих землях гранітних кар'єрів Криворіжжя. *Біоресурси і природокористування*. 2019. Т. 11, № 1–2. С. 14–25. DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/bio2019.01.002>.

254. Сафонова Г. С., Рева С. В. Заселення вищими рослинами залізорудних відвалів Кривбасу. *Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія*. 2009. Вип. 17, Т. 2. С. 87–94.
255. Свідзінська Н. Б., Чепурко А.В. Вплив антропогенного навантаження на синтез фенольних речовин у листі каштана *Aesculus L.* *Проблеми екологічної біотехнології*. 2014. №1. С. 5–13.
256. Світличний О. О., П'яткова А. В. Прикладне ерозієзнавство : навч. посіб. Одеса : Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2020. 136 с.
257. Сельчук Ю. Ю. Створення лісових культур на рекультивованих землях Полісся. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*. 1973. № 3. С. 17-18.
258. Сербін А. Г., Сіра Л. М., Слободянюк Т. О. Фармацевтична ботаніка : підруч. для вузів / за ред. Л. М. Сірої. Вінниця : Нова книга, 2007. 488 с.
259. Серегин И. В., Кожевникова А. Д. Физиологическая роль никеля и его токсическое действие на высшие растения. *Физиология растений*. 2006. Т. 53, № 2. С. 285–308.
260. Скляр В. Г. Екологічна фізіологія рослин : підручник / за заг. ред. Ю. А. Злобіна. Суми : Університетська книга, 2018. 271 с.
261. Скляренко А. В. Оцінювання впливу промислових умов на величину флуктуючої асиметрії листкової пластинки *Betula pendula* Запоріжжя. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2019. Т. 29, № 6. С. 54–57.
262. Скляренко А.В. Еколого-біологічні особливості зелених насаджень санітарно-захисних зон підприємств Запорізького промислового регіону : дис. ... д-ра філософії : спеціальність 101 – «Екологія». Дніпро, 2020. 343 с.
263. Сметана С. М. Екологічна класифікація техногенних ландшафтів гірничодобувних регіонів. *Екологія і природокористування*. 2008. Вип. 11. С. 30–41.
264. Сметана О. М., Перерва В.В. Біогеоценотичний покрив ландшафтнотехногенних систем Кривбасу. Кривий Ріг: Видавничий дім, 2007. 247 с.

265. Сметана О.М., Долина О.О., Ярощук Ю.В. Диференціація екотопів посттехногенних ландшафтів (гігро- та літохімічний аспект). *Питання біоіндикації та екології*. Запоріжжя: ЗНУ, 2013. Вип. 18. № 1. С. 11-15.
266. Сметана О.М., Мазур А.Ю. До теорії оптимізації порушених гірничими роботами земель. *Проблеми збереження біорізноманіття в природних та техногенно порушених екосистемах*: мат. наукової конф. молодих вчених. Кривий Ріг: Видавничий дім, 2008. С. 8-14.
267. Сметана С. М. Підвищення екобезпеки зовнішніх відвалів при формуванні протипилового рельєфу та вторинних екосистем. *Екологія і природокористування*: збірник наукових праць Інституту проблем природокористування та екології НАН України. Дніпропетровськ, 2012. Вип. 15. С. 79–88.
268. Собко Б. Ю., Ложніков О. В. Дослідження структури порушених 164 відкритою розробкою земель й пошук шляхів вдосконалення рекультивації залишкових виробок кар'єрів. *Збірник наукових праць Національного гірничого університету*. 2015. № 49. С. 74–80.
269. Собко Б.Ю. Наукове обґрунтування технології відкритої розробки розсіпних титано–цирконієвих родовищ України: дис. д-ра техн. наук: 05.15.03. Київ, 2010. 360 с.
270. Стаднік В., Тихомирова Т. Біоіндикація зелених насаджень дитячих майданчиків як спосіб оцінки забруднення атмосферного повітря. *Стратегії інноваційного розвитку природничих дисциплін: досвід, проблеми та перспективи*: матеріали II Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Кропивницький, 21 березня 2019 р.). Кропивницький: ЦДПУ ім.В.Винниченка, 2019. 334 с.
271. Статистичний збірник «Довкілля України за 2018 рік». Київ: Державна служба статистики України, 2019. 214 с.
272. Стешенко О.М., Арсеньєва Л.Ю. Визначення параметрів екстракції фенольних сполук фітоадаптаційної суміші. *Наукові праці ОНАХТ*. 2014. Т. 2, № 4. С. 51 – 56.

273. Таран Н. Ю. Каротиноїди фотосинтетичних тканин за умов посухи. Фізіологія і біохімія культурних рослин. 1999. Т. 31, № 6. С. 414–422.
274. Тарас У. М. Відновлення рослинних угруповань на девастрованих землях Яворівського сірчаного кар'єру : автореф. дис. канд. с.-г.наук. : 06.03.01. Львів, 2016. 20 с.
275. Тарасов В. В. Флора Дніпропетровської та Запорізької областей. Судинні рослини. Біолого-екологічна характеристика видів: Моногр. Дніпропетровськ: Вид-во ДНУ, 2005. 276 с.
276. Тарнопільський П. Б., Жадан І. В. Лісотипологічна характеристика насаджень на рекультивованих землях Юрківського вуглерозрізу Черкаської області. Лісівництво і агролісомеліорація. 2020. Вип. 137. С. 51–61.
277. Твардовська М. О., Коновалюк І. І., Листван К. В., Андрєєв І. О., Кунах В. А. Вміст фенольних сполук та флавоноїдів у рослинах *in vitro* та культурі тканин *Deschampsia antarctica* E. Desv. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2020. Т.26. С.276–281.
278. Тверда О. Я. Науково-теоретичні основи екологічної безпеки гірничопромислових комплексів з виробництва щебеню західного регіону України: дис... д - ра техн. наук : 21.06.01. Суми, 2018. 365 с.
279. Теорія ймовірностей та математична статистика: навчальний посібник / під ред. О. І. Огірко. Львів: ЛьвДУВС, 2017. 292 с.
280. Терещенко В. К. Екологічні принципи і прийоми підбору деревних і чагарникових порід для рекультивації скельних відвалів Кривбасу: автореф. дис. ... канд.биол.наук. Дніпропетровськ, 1993. 18 с.
281. Толстопятенко А. И. Партенокарпия и всхожесть семян берёзы карельской. *Лесное хозяйство*. 1974. № 5. С. 40–46.
282. Товстенко Т. Д., Тямін М. Я. Територіальний і розпланувальний розвиток м. Кривий Ріг . Праці Центру пам'яткознавства. 2009. Вип. 16. С. 240–255.
283. Толмачев А. И. Введение в географию растений. Л. : Наука, 1974. 244 с.
284. Топчий Н. Н. Влияние тяжелых металлов на фотосинтез. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2010. Т. 42, № 2. С. 95–106.

285. Тупісь С. П. Методи збереження та використання об'єктів природно-зповідного фонду у структурі міст: дис. на здобуття наук. ст. канд. архітект.: 18.00.01. Львів, 2019. 246 с.
286. Тюлькова Е. Г. Ингибирующий эффект летучих органических соединений на содержание фотосинтетических пигментов в листьях саженцев древесных растений. *Журнал Белорус. гос. ун-та. Экология*. 2020. № 1. 4. С. 36–44.
287. Тюлькова Е. Г., Авдашкова Л. П. Активность фотосинтетического аппарата древесных растений в техногенных условиях (на примере промышленных предприятий Гомеля и Гомельской обл.). *Журнал Белорус. гос. ун-та. Экология*. 2018. № 1. С. 61–69.
288. Тямін М.Ю. Історія розвитку гірничодобувного району на прикладі Кривого Рогу. *Праці Центру пам'яткознавства: збірник наукових праць*. Кривий Ріг, 2011. Вип. 20. С. 248–258.
289. Тяпкін О. К. Геофізичні основи рішення задач екологічної безпеки в умовах техногенно навантажених регіонів України: автореф. дис... д-ра геол. наук. спец.: 04.00.22. Київ, 2005. 32 с.
Позняк О. В., Шараєвська Т. А. Правові засади здійснення екологічного моніторингу в Україні в руслі європейських підходів. *Часопис Київського університету права*. 2017. № 3. С. 221 - 228.
290. Усик В. В. Флюктуюча асиметрія листків берези повислої (*Betula pendula* Roth.) садово-паркових культурфітоценозів м.Кам'янське. *Екологічний вісник Криворіжжя*. 2019. № 4. С.122–132. DOI: <https://doi.org/10.31812/eco-bulletin-krd.v4i0.2577>
291. Федосов А. І., Кисличенко В. С., Новосел О. М. Визначення кількісного вмісту суми фенольних сполук в артишоку суцвіттях, часнику листі та цибулинах. *Медична та клінічна хімія*. 2018. Т.20, № 1. С. 101–104.
292. Федотов В. И. Техногенные ландшафты: теория, региональные структуры, практика: монография. Воронеж: ВГУ, 1985. 192 с.

293. Феклистов П. А., Амосова И. Б. Морфолого-физиологические особенности берёзы повислой (*Betula pendula* Roth.) в таежной зоне: монография. Архангельск : ИПЦ САФУ, 2013. 214 с.
294. Фенольні сполуки як компоненти саліцилат-індукованої адаптивної відповіді рослин пшениці на токсичну дію кадмій хлориду / Кобилецька М. та ін. *Біологічні студії*. 2013. Том 7, № 2. С. 75–82.
295. Фізична географія Криворіжжя: монографічна навчальна книга / Под ред. В. Л. Козакова. Кривий Ріг: ТОВ «Центр-Принт», 2012. 263 с.
296. Фізична та економічна географія Дніпропетровської області: посібник для вчителів / під ред. Г. В. Пасічного. Дніпропетровськ : Вид-во ДДУ, 1992. 188 с.
297. Фукс Э. К., Вареников И. П. Кривой Рог и его роль в мировой промышленности. Кривой Рог, 1919. 29 с.
298. Харитонов М. М., Бабенко М. Г., Мартинова Н. В. Комплексна екологічна оцінка створення енергетичних плантацій на рекультивованих землях: монографія. Дніпро: ЛПРА, 2020. 192с.
299. Хмелев К. Ф., Березуцкий М. А. Состояние и тенденции развития флоры антропогенно-трансформированных экосистем. *Журнал общей биологии*. 2001. Т. 62, № 4. С. 339–351.
300. Чалая О.С., Фатеева Н.Ю. Токсична дія важких металів на живі організми та шляхи їх зменшення. *Актуальні питання сьогодення: матеріали міжнародної наук.-практ. конф.*(Вінниця, 20 березня 2018 р.). Вінниця, 2018. С. 107–111.
301. Чаплыгин Н. Н., Галченко Ю. П., Папичев В. И. Экологические проблемы геотехнологий : новые идеи, методы и решения. Москва : Научтехлитиздат, 2009. 319 с.
302. Чемерис, І.А. Ключка, С.І. Вміст фотосинтетичних пігментів у хвої сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) в умовах заповідних об'єктів міста Черкаси. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2021. Вип. 31, № 4. С. 15-21. DOI: <https://doi.org/10.36930/40310402>.
303. Червона книга Дніпропетровської області (Рослинний світ) / Під ред. А. П. Травлєєва. Дніпропетровськ: ВКК «Баланс клуб», 2010. 500 с.

304. Червона книга України. Рослинний світ / За ред. Я.П. Дідуха. Київ: Глобалконсалтинг, 2009. 912 с.
305. Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). С.-П.: Мир и семья, 1995. 992 с.
306. Чипиляк Т. Ф., Гришко В. М. Пристосування асиміляційного апарату сортів Лілійнику (*Nemerocallis* L.) до забруднення важкими металами. *Биологический вестник Мелитопольского государственного педагогического университета имени Богдана Хмельницкого*. 2014. № 4 (2). С. 83–97.
307. Чуба М., Мамчур З. Апофіти та адвентивні види у флорі м. Львова. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2018. Вип. 77. С. 109–118.
308. Шабалина О. М., Демьяненко Т. Н. Оценка влияния загрязнения среды и почвенных факторов на показатели флуктуирующей асимметрии листа березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в г. Красноярске. *Вестник КрасГАУ*. 2011. № 12. С. 135–140.
309. Шадрина Е. Г., Вольперт Я. Л. Опыт применения показателей флуктуирующей асимметрии растений и животных для оценки качества среды в наземных экосистемах: результаты 20 летних исследований природных и антропогенно трансформированных территорий. *Онтогенез*. 2018, Том 49, № 1. С. 27–40.
310. Шанда В. И. Теоретические аспекты структуры культурфитоценозов степной зоны. Антропогенные воздействия на лесные экосистемы степной зоны. Днепропетровск: ДГУ. 1990. С. 10-21.
311. Шерстюк Н.П. Активізація гіпергенних процесів у водоносних горизонтах районів видобутку корисних копалин (на прикладі Північного гірничо-збагачувального комбінату, Кривбас). *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. 2017. № 25 (1). С. 131-138. DOI: 10.15421/111714.
312. Шоль Г.Н. Аналіз аборигенної та адвентивної фракцій урбанofлори Кривого Рогу. *Український ботанічний журнал*. 2016. Т.73, №2. С. 144–152.

313. Шоль Г.Н. Потенційно інвазійні адвентивні види в урбанофлорі Кривого Рогу. *Рослини та урбанізація: матеріали сьомої міжнародної науково-практичної конференції* (3 березня 2018 р., м. Дніпро). Дніпро, 2018. С. 29–31.
314. Шоль Г.Н., Кучеревський В.В. Охорона видів родини *Fabaceae* Lindl. флори України у колекціях Криворізького ботанічного саду. *Флорологія та фітосозологія*. 2014. Т. 3–4. С. 282–287.
315. Шубина А. Г. Содержание хлорофилла и каротиноидов в листьях одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale*) и берёзы повислой (*Betula pendula* Roth.) растущих в г. Тамбове. *Вестник ТГУ*. 2011. Т. 16, Вып. 1. С. 353–355.
316. Щербакова О.Ф., Новосад К.В. Біоморфологічний аналіз раритетної компоненти урбанофлори Київського мегаполісу. *Чорноморський ботанічний журнал*. 2017. Т.13, №1. С 6–24.
317. Щербаченко О.І. Важкі метали як токсичний фактор забруднення природного середовища. Стійкість і адаптація рослин до їх впливу. *Наукові записки Державного природознавчого музею*. 2014. Вип. 30. С. 157–182.
318. Юсипіва Т. Зміни анатомічних характеристик стебла однорічного пагона *Betula pendula* Roth. за дії антропогенного навантаження. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2016. Вип. 72. С. 125–133.
319. Юсипіва Т. І., Руденко Є. П. Зміни анатомічних показників в'язів (р. *Ulmus* L.) в умовах техногенного забруднення SO₂ та NO₂. *Фізіологія рослин: Проблеми та перспективи розвитку*. 2009. Т. 2. С. 306–309.
320. Юсипіва Т., Вегерич В. Динаміка вмісту фотосинтезувальних пігментів у листках деревних рослин у техногенних умовах зростання. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2014. Вип. 65. С. 189–196.
321. Юхновський В. Ю., Лобченко Г. О., Проценко І. А. Особливості росту соснових насаджень на рекультивованих землях. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2018. Вип. 28, № 7. С. 70-73.
322. Ющук Е. Д. Взаимодействие лесных насаждений с почвой в условиях промышленных загрязнений Кривбасса. *Охрана и рациональное использование лесов степной зоны*. Днепропетровск : ДГУ, 1987. С. 148–158.

323. Ющук Е. Д. Некоторые изменения почв под лесной растительностью в техногенных ландшафтах Криворожского железорудного бассейна. *Биогеоценологические исследования степных лесов, их охрана и рациональное использование*. 1983. Вып. 13. С. 94–103.
324. Яворська О.Г. Проникнення адвентивних рослин у природні та напівприродні угруповання Київської міської агломерації. *Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія. Біологія*. 2001. Вип. 10. С. 70–72.
325. Яковлев Н. Н. О факторах морфогенеза. *Природа*. 1986. № 9. С. 31–38.
326. Яловенко А. С. Життєвий стан деревних насаджень парку ім. Т. Г. Шевченка м. Запоріжжя. *Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія*. 2011. Вип. 19, Т. 1. С. 143–148.
327. Ярков С. В. Гірничопромислові ландшафти Кривбасу як рефугіуми зональної рослинності. *Географічні дослідження Кривбасу: матеріали кафедральних науково-дослідницьких тем*. Вип. 2. Кривий Ріг : Видавничий дім, 2007. С. 27–35.
328. Ярков С. В. Розвиток мішаних за субстратом 20–40-річних відвальних ландшафтів Криворіжжя. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету. Географія*. 2013. №2(35). С. 23–30.
329. Яхненко О. М., Черниш Є. Ю., Пляцук Л. Д. Самозаростання відвалу фосфогіпсу як показник рівня техногенного навантаження на довкілля. Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. 2016. № 1. С. 110-119.
330. Angelova M., Tsonev T., Uzunova A. Cu²⁺ effect upon photosynthesis, chloroplast structure, RNA and protein synthesis of pea plants. *Photosynthetica*. 1993. Vol. 28. P. 341–350.
331. Antwi E. K., Boaky-Danquah J., Asabere S. Land cover transformation in two post-mining landscapes subjected to different ages of reclamation since dumping of spoils. *SpringerPlus*. 2014. Vol. 3. P. 441–450. DOI:10.1186/2193-1801-3-702.
332. Arshi A. Reclamation of coalmine overburden dump through environmental friendly method. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2017. N. 24(2). P. 371–378.

333. Arshi Anfal. Reclamation of coalmine overburden dump through environmental friendly method. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2017. Vol. 24, Iss. 2. P. 371–378. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2015.09.009>
334. Aschehoug E., Callaway R. Morphological variability in tree root architecture indirectly affects coexistence among competitors in the understory. *Ecology*. 2014. Vol. 95, Iss. 7. P. 1731–1736. DOI: <https://doi.org/10.1890/13-1749.1>.
335. Assessment of metals in PM10 filters and Araucaria heterophylla needles in two areas of Quito, Ecuador / Mancheno T. et al. *Heliyon*. 2021. Vol. 7. Iss. 1. P. 1–10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e05966>.
336. Banov, M., Tsoleva, V., & Kirilov, I. Reclamation of heaps and industrial sites built in the region of Madjarovo mine (Bulgaria). *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2020. Vol. 26, N. 1. P. 192–197.
337. Banu Z., Chowdhury M., Hossain M. Contamination and Ecological Risk Assessment of Heavy Metal in the Sediment of Turag River, Bangladesh: An Index Analysis Approach. *Journal of Water Resource and Protection*. 2013. Vol.5 N.2. P. 239–248. DOI: 10.4236/jwarp.2013.52024.
338. Barconi D., Bernardini G., Santucci A. Linking protein oxidation to environmental pollutants: redox proteome approaches. *J. Proteomics*. 2011. Vol. 74, N. 11. P. 2324–2337.
339. Barker A.V., Pilbeam D. J. Handbook of plant nutrition. Taylor & Francis Group, Boca Raton: CRC Press, 2010. 731 p.
340. Bate-Smith E. C. The phenolic constituents of plants and their taxonomic significance. I. Dicotyledons. *Bot. Journal of the Linnean Society*. 1962. V. 58. P. 95–173.
341. Becerril J. M., Consalez-Murua C., Munoz-Rueda A. Changes induced by cadmium and lead in gas exchange and water relations and clover and Lucerne. *Plant Physiology and Biochemistry*. 1989. Vol. 27. P. 913–918.
342. Beckett K., Freer-Smith Peter , Taylor Gail. Effective tree species for local air quality management. *Journal of Arboriculture*. 2000. Vol. 26. P. 154–167.

343. Bennett J.W., KJich M.A. *Aspergillus*, Biology and Industrial Application. Boston: Buttervorth-Heinemann, 1992. P. 249–267.
344. Bessonova V., Grytsay Z. Content of plastid pigments in the needles of *Pinus pallasiana* D. Don in different forest growth conditions of anti-erosion planting. *Ekológia (Bratislava)*. 2018. Vol. 37, N. 4. P. 338–344.
345. Bessonova, V.P., Chongova, A.S., Sklyarenko, A.V. Influence of multicomponent contamination on the content of photosynthetic pigments in the leaves of woody plants commonly planted for greening of cities. *Biosystems Diversity*. 2020. Vol. 28, N. 2. P. 203–208. DOI: 10.15421/012026.
346. Bielyk Y., Savosko V., Lykholat Y. et al. Macronutrients and heavy metals contents in the leaves of trees from the devastated lands at Kryvyi Rih District (Central Ukraine). *Web of Conferences*. (22 April 2020). 2020. Vol. 166. DOI: [//doi.org/10.1051/e3sconf/202016601011](https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016601011).
347. Bielyk Y. V., Savosko V. M., Lykholat Y. V. Characteristics of the floristic core of tree and shrub species of plants naturally spread to technologically devastated lands (Kryvyi Rih). *Рослини та урбанізація: Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції* (Дніпро, 1 лютого 2023 р.) Дніпро, 2023. С. 12–14.
348. Binggeli, P. A taxonomic, biogeographical and ecological overview of invasive woody plants. *Journal of Vegetation Science*. 1996. Vol.7. P.121–124.
349. Biomonitoring of metal levels in urban areas with different vehicular traffic intensity by using *Araucaria heterophylla* needles / Alexandrino K. et al. *Ecol. Indicat.* 2020. Vol. 117. P. 404–410.
350. Bishnoi N. R., Sheoran I. S., Singh R. Influence of cadmium and nickel on photosynthesis and water relations in wheat leaves of different insertion level. *Photosynthetica*. 1993. Vol. 28. P. 473–479.
351. Bolshakov Features of the morphological and anatomical characteristics of the leaves of *Taraxacum officinale* Wigg. in conditions of rock dump / Legoshchina O. M. et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019. Vol. 3. P. 78–83.

352. Boscutti F., Lami F., Pellegrini E. et al. Urban sprawl facilitates invasions of exotic plants across multiple spatial scales. *Biol Invasions*. 2022. Vol. 24 (5). P. 1497– 1510. DOI:10.1007/s10530-022-02733-6
353. Boscutti F., Vianello A., Bozzato F. Vegetation structure, species life span, and exotic status elucidate plant succession in a limestone quarry reclamation. *Restor Ecol*. 2017. Vol. 25. P. 595–604. DOI: <https://doi.org/10.1111/rec.12476>
354. Brachythecium rutabulum and Betula pendula as bioindicators of heavy metal pollution around a chlor-alkali plant in Poland / Kolon K. et al. *Ecological indicators*. 2015. Vol. 52. P. 404–410. DOI: 10.1016/j.ecolind.2014.12.031.
355. Bucharova A., Kleunen M. Introduction history and species characteristics partly explain naturalization success of North American woody species in Europe. *Journal of Ecology*. 2009. Vol. 97. P. 230–238.
356. Butsyak, A., Butsyak, V., & Muzyka, L. The usage of bioindicators for assessment of the atmospheric air state in the area of the activity of Dobrotvirska Thermal Power Station (TPS). *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences*. 2018. N. 20(89). P 122–126. DOI: <https://doi.org/10.32718/nvlvet8922>
357. Caretto S., Linsalata V., Colella G., Mita G., Lattanzio V. Carbon fluxes between Primary Metabolism and Phenolic Pathway in Plant Tissues under Stress. *International Journal of Molecular Sciences*. 2015. V. 16. P. 26378–26394.
358. Cariñanos Paloma, Marinangeli Francesca. An updated proposal of the Potential Allergenicity of 150 ornamental Trees and shrubs in Mediterranean Cities. *Urban Forestry & Urban Greening*. 2021.Vol. 63. P. 1 – 11. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127218>.
359. Caudle K.E., Rettie A.E., Whirl-Carrillo M, et al. Clinical pharmacogenetics implementation consortium guidelines for CYP2C9 and HLA-B genotypes and phenytoin dosing. *Clin Pharmacol Ther*. 2014. Vol. 96(5). P. 542–548. doi:10.1038/clpt.2014.159.
360. Changcheng Liu, Yuguo Liu, Ke Guo, Dayong Fan, Guoqing Li. Effect of drought on pigments, osmotic adjustment and antioxidant enzymes in six woody plant species

- in karst habitats of southwestern China. *Environmental and Experimental Botany*. 2011. Vol. 71, Iss. 2. P. 174–183. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2010.11.012>.
361. Characterization of atmospheric emission sources of heavy metals and trace elements through a local-scale monitoring network using *T. capillaris* / Abril G. A. et al. *Ecol. Indic.* 2014. Vol. 40. P. 153–161.
362. Chemical Analysis of Soils: an Environmental Chemistry Laboratory for Undergraduate Science Majors / Stehman C. F. et al. *Journal of Chemical Education*. Vol. 76, N. 12. P.1693–1694. DOI: <https://doi.org/10.1021/ed076p1693>.
363. Chen H., Wang R., Zhang J. Competition and soil fungi affect the physiological and growth traits of an alien and a native tree species. *Photosynthetica*. 2012. N. 50 (1). P. 77–85. DOI:10.1007/s11099-012-0013-y.
364. Cheynier V., Comte G., Davies K. M., Lattanzio V., Martens S. Plant phenolics: Recent advances on their biosynthesis, genetics, and ecophysiology. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2013. V. 72. P. 1–20.
365. Choi, D., Jang, W., Toda, H., Yoshikawa, M. Differences in Characteristics of Photosynthesis and Nitrogen Utilization in Leaves of the Black Locust (*Robinia pseudoacacia* L.) According to Leaf Position. *Forests*. 2021. Vol. 12., N. 3. 348p. DOI:<https://doi.org/10.3390/f12030348>
366. Christensen, C.M. The Ongoing Process of Building a Theory of Disruption. *Journal of Product Innovation Management*. 2006. Vol. 23, Iss.1. P. 39–55. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1540-5885.2005.00180.x>
367. Dallaire K., Skousen J., Early Tree Growth in Reclaimed Mine Soils in Appalachia USA. *Forests*. 2019. Vol. 10. P. 154–167. DOI: <https://doi.org/10.3390/f10070549>
368. Dexter A. R. Advances in the characterization of soil structure. *Soil and Tillage Research*. 1988. 11, 199–238
369. Dodonov P, Braga AL, Arruda LH, Alves-Ferreira G, Silva-Matos DM. Is leaf fluctuating asymmetry related to plant and leaf size in *Miconia albicans*, a common Melastomataceae species?. *Braz J Biol*. 2022. Vol. 84. DOI: 0.1590/1519-6984.260884

370. Effects of forest fragmentation on plant quality, leaf morphology and herbivory of *Quercus deserticola*: is fluctuating asymmetry a good indicator of environmental stress? / García-Jain S. E. et al. *Trees*. 2022. Vol. 36. P. 553–567.
371. Enete I. C., Chukwudeluzu V.U., Okolie A. Evaluation of Air Pollution Tolerance Index of Plants and Ornamental Shrubs in Enugu City: Implications for Urban Heat Island Effect. *Journal of Experimental Research*. 2013. Vol. 1. N. 1. P.13–28.
372. Erofeeva E.A. Dependence of guaiacol peroxidase activity and lipid peroxidation rate in drooping birch (*Betula pendula* Roth) and Tillet (*Tilia cordata* Mill) leaf on motor traffic pollution intensity. *Dose Response*. 2015. Vol. 13(2). P.1 –12.
373. Esther E. N., Emmanuel O. I. Ganiyu O. Inhibitory effects of methanolic extracts of two eggplant species from South-western Nigeria on starch hydrolysing enzymes linked to type-2 diabetes. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*. 2013. Vol. 7, № 23. P. 1575–1584. DOI: 10.5897/AJPP2013.3606.
374. Falcucci A., Maiorano L., Boitani L. Changes in land-use/land-cover patterns in Italy and their implications for biodiversity conservation. *Landscape Ecology*. 2006. Vol. 22. P. 617-631. DOI:10.1007/s10980-006-9056-4.
375. Fernandes GW, De Oliveira SC, Campos IR, Barbosa M, Soares LA, Cuevas-Reyes P. Leaf Fluctuating Asymmetry and Herbivory of *Tibouchina heteromalla* in Restored and Natural Environments. *Neotrop Entomol*. 2016. Vol.45, N.1. P. 44–49. DOI:10.1007/s13744-015-0342-1
376. Fluctuating asymmetry: methods, theory, and applications / Graham J. H. Et al. *Symmetry*. 2010. Vol. 2, N. 2. P. 466–540. DOI: 10.3390/sym2020466.
377. Fostad O., Pedersen P. A. Vitality, variation, and causes of decline of trees in Oslo center (Norway). *Journal of Arboriculture*. 1997. Vol. 23, N. 4. P. 155–165.
378. Foucault Y, Lévêque T, Xiong T, Schreck E, Shahid M. Green manure plants for remediation of soils polluted by metals and metalloids: ecotoxicity and human bio-availability assessment. *Chemosphere*. 2013. Vol. 93. P. 1430–1435.
379. Franiel I., Babczynska A. The growth and reproductive effort of *Betula pendula* Roth in a heavy-metals polluted area. *Polish journal of environmental studies*. 2011. Vol. 20, N. 4. P. 1097–1101.

380. Gayibova S., Aripov T. In vitro screening of antioxidant and antimicrobial activities of medicinal plants growing in Slovakia. *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences*. 2019. Vol. 8, № 6. P. 1281–1289. DOI: 10.15414/jmbfs.2019.8.6.1281–1289.
381. Gentili R., Sgorbati S., Baroni C. Plant Species Patterns and Restoration Perspectives in the Highly Disturbed Environment of the Carrara Marble Quarries (Apuan Alps, Italy). *Restoration Ecology*. 2011. Vol.19. P. 32 - 42. DOI: 10.1111/j.1526-100X.2010.00712.x.
382. Ghasemzadeh A., Ghasemzadeh N. Flavonoids and phenolic acids: Role and biochemical activity in plants and human. *J. of Medicinal Plants Research*. 2011. Vol. 5, № 31. P. 6697–6703.
383. Gjorgieva-Ackova D. Heavy metals and their general toxicity for plants. *Plant Science Today*. 2018. Vol. 5, N. 1. P. 14–18. DOI: 10.14719/pst.2018.5.1.355.
384. Gordon D. R., Tancig K. J., Onderdonk, D.A., Gantz, C.A. Assessing the invasive potential of biofuel species proposed for Florida and the United States using the Australian Weed Risk Assessment. *Biomass and Bioenergy*. 2011. Vol. 35. P. 74–79.
385. Growth models and the expected distribution of fluctuating asymmetry. *Biological journal of the Linnean society* / Graham J. H. et al. 2003. Vol. 80, Iss. 1. P. 57–65. DOI: 10.1046/j.1095-8312.2003.00220.x.
386. Hagemeyer J., Breckle S. W. Grows under trace element stress. *Plant roots: The Hidden Hals*. Y.: Marcel Dekker, 1996. P. 415–433.
387. Hall G. The ecology of disused pit heaps in England. *J. Ecol.* 1957. Vol. 45, N 3. P. 689–720.
388. Heavy Metal Stress and Some Mechanisms of Plant Defense Response / Emamverdian A. et al. *Scientific World Journal*. 2015. Vol. 201. P. 1–18. DOI:10.1155/2015/756120.
389. Heavy metal accumulation in urban soils and deciduous trees in the city of Bolzano, N Italy / Dadea C. et al. *Waldökologie, Landschaftsforschung und Naturschutz*. 2016. Heft 15. S. 35–42.

390. Ignatyeva M., Yurak V., Pustokhina N. Recultivation of Post-Mining Disturbed Land: Review of Content and Comparative Law and Feasibility Study. *Resources*. 2020. Vol. 9, N. 73. DOI: <https://doi.org/10.3390/resources9060073>
391. Impacts of mining and smelting activities on environment and landscape degradation—Slovenian case studies / Žibret G et al. *Land Degrad Dev*. 2018. Vol. 29. P. 4457–4470. <https://doi.org/10.1002/ldr.3198>.
392. Influence of Environmental Pollution on Leaf Properties of Urban Plane Trees, *Platanus orientalis* L. / Pourkhabbaz A. et al. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*. 2010. Vol.85. P. 251–256. DOI:10.1007/s00128-010-0047-4.
393. Irvine R. *An Anthropology of Deep Time*. Cambridge : Cambridge University Press, 2020. 212 p.
394. IUCN (International Union for Conservation of Nature) Red List Committee. The IUCN red list of threatened species TM strategic plan 2017 - 2020. IUCN, Gland, Switzerland, 2017.
395. Iusypiva T., Miasoid G. The Impact of Industrial Pollution with Toxic Gases on the Stem Anatomical Characteristics of Woody Plant Undergrowth in the City of Dnipro, Ukraine. *International Letters of Natural Sciences*. 2017. Vol. 65. P. 1–9. DOI:10.18052/www.scipress.com/ILNS.65.1
396. Kabata-Pendias A., Pendias, H. *Trace elements in soils and plants*. Boca Raton, London, New York, Washington : CRC Press, 2001. 403 c.
397. Keski-Saari S., Pusenius J., Julkunen-Tiitto R. Phenolic compounds in seedlings of *Betula pubescens* and *B. pendula* are affected by enhanced UVB radiation and different nitrogen regimens during early ontogeny. *Glob. Change Biol*. 2005. V. 11. P. 1180–1194.
398. Kirilov Ivaylo. Reclamation of lands disturbed by mining activities in Bulgaria. *Agricultural Science and Technology*. 2016. Vol. 8, N. 4. P. 339–345. DOI: 10.15547/ast.2016.04.066.
399. Kovacic S., Nikolic T. Relations between *Betula pendula* Roth. (Betulaceae) leaf morphology and environmental factors in five regions of Croatia. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*. 2005. Vol. 47, N. 2. P. 7–13.

400. Krupa Z., Baszyński T. Some aspects of heavy metals toxicity towards photosynthetic apparatus – direct and indirect effects on light and dark reactions. *Acta Physiol. Plant.* 1995. V. 17. P. 177–190.
401. Lami F., Vitti S., Marini L. Boscutti F. Habitat type and community age as barriers to alien plant invasions in coastal species-habitat networks. *Ecological Indicators.* 2021. Vol. 133. P. 560–570. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108450>
402. Leary R. F., Allendorf F. W. Fluctuating asymmetry as an indicator of stress: implications for conservation biology. *Trends ecol. evol.* 1989. Vol. 4. P. 214–217. DOI: 10.1016/0169-5347(89)90077-3.
403. Legwaila, I. A., Lange, E., Cripps, J. Quarry reclamation in England: A review of techniques. *Jasmr.* 2015. Vol. 4(2). P. 55–79.
404. Litvinov Yu. Improving the technology of working the benches of overburden rocks on the non- transport development scheme, *Metallurgical and Mining Industry.* 2016. N.2. P 162–166.
405. Livesley S. J., McPherson E. G., Calfapietra C. The Urban Forest and Ecosystem Services: Impacts on Urban Water, Heat, and Pollution Cycles at the Tree, Street, and City Scale. *Journal of Environmental Quality.* 2016. № 45. P. 119–124.
406. Lyell C. *Principles of Geology.* Chicago : University of Chicago Press, 1990. 574 p.
407. Lykholat Y.V., Khromykh N.O., Lykholat T.Y., Bielyk, Yu.V. et al. Industrial characteristics and consumer properties of *Chaenomeles Lindl.* Fruits. *Ukrainian Journal of Ecology.* 2019. № 9(3). P. 132–137. DOI: <https://www.ujecology.com/articles/industrial-characteristics-andconsumer-properties-of-chaenomeles-lindl-fruits.pdf>.
408. Lykholat Yu., Alekseyeva A., Khromykh N. Assessment and prediction of viability and metabolic activity of *Tilia platyphyllos* in arid steppe climate of Ukraine. *Agriculture and Forestry.* Vol. 62, N. 3. P. 65-71. DOI: <https://doi.org/10.17707/AgricultForest.62.3.05>

409. Mac Farlane G. R., Burchett M. D. Photosynthetic pigments and peroxidase activity as indicators of heavy metal stress in the grey mangrove *Avicennia marina*. *Mar. Pollut. Bull.* 2001. Vol. 42. P. 223–240.
410. Markulj Kulundžić, A., Viljevac Vuletić, M., Cesar, V. Effect of Elevated Temperature and Excess Light on Photosynthetic Efficiency, Pigments, and Proteins in the Field-Grown Sunflower during Afternoon. *Horticulturae*. 2022. Vol. 8. 392 p. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae8050392>
411. Maxwell K., Johnson G. N. Chlorophyll fluorescence – a practical guide. *J. Exp. Bot.* 2000. V. 51, N 345. P. 659–668.
412. Meira-Neto J.A.A., Clemente A., Oliveira G. Post-fire and post-quarry rehabilitation successions in Mediterranean-like ecosystems: implications for ecological restoration. *Ecol. Eng.* 2011. Vol. 37. P.1132–1139. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2011.02.008>
413. Mendes G, Boaventura MG, Cornelissen T. Fluctuating Asymmetry as a Bioindicator of Environmental Stress Caused by Pollution in a Pioneer Plant Species. *Environ Entomol.* 2018. Vol. 47, N. 6. P.1479–1484. DOI:10.1093/ee/nvy147
414. Metabolomic data of phenolic compounds from *Acer negundo* extracts / Barrales-Cureño H. J. et al. Data in Brief. 2020. Vol. 30. P. 1–17. DOI: doi.org/10.1016/j.dib.2020.105569.
415. Moral R., Walker L. Environmental disasters, natural recovery and human responses. Cambridge : Cambridge University Press, 2007. 216p.
416. Mosyakin S. L., Fedoronchuk M. M. Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist. Kyiv: M.G. Kholodny Inst. Bot, 1999. 345 p.
417. Moller A. P., Swaddle J. P. Asymmetry, developmental stability, and evolution. Oxford, UK : Oxford University Press, 1997. 29 p.
418. Nagajyoti P. C., Lee K. D., Tvm Sreekanth. Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: A review. *Environmental Chemistry Letters*. 2010. Vol. 8(3). P. 199–216. DOI: 10.1007/s10311-010-0297-8.
419. Novák J, Konvička, M. Proximity of valuable habitats affects succession patterns in abandoned quarries. 2006. *Ecol. Eng.* N. 26(2). P. 113-122.

420. Novák J., Prach K. Vegetation succession in basalt quarries: pattern over a landscape scale. *Appl. Veg. Sci.* 2003. Vol. 6. P. 111–116.
421. Novák N., Prach K. Artificial sowing of endangered dry grassland species into disused basalt quarries. *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*. 2010. Vol. 205, N. 3. P. 179-183.
422. Nowak D. J., Crane D. E., Stevens J. C. Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States . *Urban Forestry & Urban Greening*. 2006. № 4. P. 115–123.
423. Nowak D. J., Hirabayashi S., Bodine A., Greenfield E. Tree and forest effects on air quality and human health in the United States. *Environmental Pollution*. 2014. 193. P. 119–129. DOI: 10.1016/j.envpol.2014.05.028.
424. Pansu M., Jacques G. Handbook of Soil Analy-sis. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag. 2006. 993 p.
425. Park J. S. Analysis of antioxidant efficacy of Ginkgo biloba leaves and Acer palmatum Leaves. *Turkish journal of computer and mathematics education (TURCOMAT)*. 2021. Vol. 12, № 6. P. 698–703.
426. Parsons P. A. Fluctuating asymmetry and stress intensity. *Trend Ecol. Evol.* 1990. Vol. 5, N. 3. P. 97–98.
427. Pérez-Gálvez A, Viera I, Roca M. Carotenoids and Chlorophylls as Antioxidants. *Antioxidants (Basel)*. 2020. N. 9(6). DOI: 10.3390/antiox9060505.
428. Pessarakli, M. (Ed.). Handbook of Photosynthesis. Boca Raton, Washington: CRC Press, 2017. 846p. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781315372136>
429. Petrushkevych Y. M., Korshykov I. I. Ecological and biological characteristics of *Betula pendula* Roth of urban environment. *Regulatory Mechanisms in Biosystems* 2020. Vol. 11, N. 1. P. 29–36. DOI: 10.15421/022005.
430. Photosynthesis of birch (*Betula pendula*) is sensitive to springtime frost and ozone / Oksanen E. et al. *Canadian journal of forest research*. 2005. Vol. 35, N. 3. P. 703–712. DOI: 10.1139/X05-007.

431. Phytochemical profile and microbiological activity of some plants belonging to the Fabaceae family / Obistioiu D. et al.. *Antibiotics*. 2021. Vol. 10, Iss/ 6. P. 155–167. DOI: doi.org/10.3390/antibiotics10060662.
432. Pietrzykowski M. Tree species selection and reaction to mine soil reconstructed at reforested post-mine sites: Central and eastern European experiences. *Ecological Engineering*. 2019. Vol. 142. P. 32–35. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoena.2019.100012>.
433. Pietrzyk-Sokulska, E., Uberman, R., Kulczycka J. The impact of mining on the environment in Poland – myths and reality. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*. 2015. Vol. 31, N. 1. P. 45–64. DOI: 10.1515/gospo-2015-0009.
434. Popova E. I. Accumulation of heavy metals in birch and pine forest roadside phytocenoses in the south of Tyumen region. *Biosystems diversity*. 2018. Vol. 26, N. 3. P. 233–238. DOI: 10.15421/011835.
435. Prach K., Lencová K., Novák J. Trnková, R. Spontaneous vegetation succession at different central European mining sites: a comparison across seres. *Environmental Science and Pollution*. 2013. Vol. 20. P. 7680–7685.
436. Prach K., Pysek P. Spontaneous establishment of woody plants in Central European Derelict sites and their potential for reclamation. *Restorntion ecology*. 1994. Vol. 2, Iss. 3. P. 190–197. DOI: 10.1111/j.1526- 100X.1994.tb00066.x
437. Prasad M.N. Heavy metal stress in plants. From molecules to Ecosystems. Germany: Springer, 1999. 401 p.
438. Pyšek, P., Sádlo, J. & Mandák, B. Catalogue of alien plants of the Czech Republic. *Preslia*. 2002. Vol. 74. P. 97–186.
439. Radial and bilateral fluctuating asymmetry of *Iris pumila* flowers as indicators of environmental stress / Klisaric N. B. et al. *Symmetry*. 2019. Vol. 11., N. 6. 818 p. DOI: <https://doi.org/10.3390/sym11060818>.
440. Raunkiaer C. Life forms of plants and statistical plant geography. New York, London, 1934. 352 p.
441. Reclamation promotes the succession of the soil and vegetation in opencast coal mine: A case study from *Robinia pseudoacacia* reclaimed forests, Pingshuo mine,

- China / Yuan Ye et al. *CATENA*. 2018. Vol. 165. P. 72–79. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.01.025>.
442. Rice-Evan C.A., Packer L. *Flavonoids in Health and Disease*. New York: Marcel Dekker Publ., 1998. 525 p.
443. Richardson A. D., Duigan S. P., Berlyn G. P. An evaluation of noninvasive methods to estimate foliar chlorophyll content. *New phytologist*. 2002. Vol. 153, Iss. 1. P. 185–194. DOI: 10.1046/j.0028-646X.2001.00289.x.
444. Richardson D. M., Allsopp N., Rejmánek M. Plant invasions: the role of mutualisms. *Biological Reviews*. 2000. Vol. 75. P. 65–93.
445. Savosko V., Bielyk Y., Lykholat Y. et al. The total content of macronutrients and heavy metals in the soil on devastated lands at Kryvyi Rih Iron Mining & Metallurgical District (Ukraine). *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. 2021. № 30(1). P. 153–164. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.15421/112114>.
446. Savosko V., Lykholat Y., Bielyk Y., Lykholat T. Ecological and geological determination of the initial pedogenesis on devastated lands in the Kryvyi Rih Iron Mining & Metallurgical District (Ukraine). *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. 2019. № 28(4). P. 738–746. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.15421/111969>.
447. Savosko V.M., Bielyk Y.V., Lykholat Y.V. *Forestry of Technogenic Devastated Lands as an Effective Factor for Environmental Safety at the Mining & Metallurgical District*. Praha: Oktan Print, 2021. 136-159 p.
448. Savosko V.M., Bielyk Y.V., Lykholat Y.V., Heilmeier Assessment of heavy metals concentration in initial soils of post-mining landscapes in Kryvyi Rih District (Ukraine). *Ekológia (Bratislava)*. 2022. Vol. 41, No. 3, p. 201–211, DOI: <https://doi.org/10.2478/eko-2022-0020>
449. Schoolman Edward M., Mensing Scott, Piovesan Gianluca. Land Use and the Human Impact on the Environment in Medieval Italy. *Journal of Interdisciplinary History*. 2018. N. 49 (3). P. 419–444. DOI: https://doi.org/10.1162/jinh_a_01303
450. Sen A., Khan I., Kundu D. et al. Ecophysiological evaluation of tree species for biomonitoring of air quality and identification of air pollution-tolerant species.

- Environmental Monitoring and Assessment*. 2017. Vol. 189. P. 444–456. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-017-5955-x>
451. Shahid M., Khalid S., Abbas G. et al. Heavy metal stress and crop productivity, in *Crop Production and Global Environmental Issues*, ed. Cham: Springer International Publishing, 2015. P. 1–25.
 452. Shaw L. J., Morris P. Hooker J.E. Perception and modification of plant flavonoid signals by rhizosphere microorganisms. *Environ. Microbiol.* 2006. Vol. 8, N 11. P. 1867–1880.
 453. Shkvirko O., Tymchuk I., Holets, N., Malovanyy M. Overview: The prospect of the use of energy crops for biological reclamation of disturbed lands. *Environmental Problems*. 2019. Vol. 4, N. 2. P. 91–96. DOI: <https://doi.org/10.23939/ep2019.02.091>
 454. Shymanska, O., Vergun, O., Rakhmetov, J., & Fishchenko, V. The Content of Photosynthetic Pigments in the Leaves of *Galega officinalis* L. and *Galega orientalis* Lam. Cultivars. *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality*. 2017. P. 398–403.
 455. Singleton V.L., Rossi J.A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *J. Enol. Vitic.* 1965. Vol. 16. P. 144–158.
 456. Singleton Vernon L., Orthofer Rudolf, Lamuela-Raventós Rosa M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology, Academic Press*. 1999. Vol. 299. P. 152–178.
 457. Specification of adaxial and abaxial stomata, epidermal structure and photosynthesis to CO₂ enrichment in maize leaves / Driscoll S. et al. *Journal of experimental botany*. 2006. Vol. 57, N. 2. P. 381–390.
 458. Špulák O., Martincová J., Vitamvas J., Kunes I. Effect of fertilization on chlorophyll activity, content of photosynthetically active pigments and nutrients in Carpathian birch leaves.. *Austrian Journal of Forest Science*. 2014. Vol. 131. P. 23–44.
 459. Stanturf J. A., Callahan M. A., Madsen P. Landscape degradation and restoration. *Soils and landscape restoration*. New York: Academic Press, 2021. P. 1–37. DOI: 10.1016/b978-0-12-813193-0.00001-1.

460. Steinkellner S., Lendzemo V., Langer I. Flavonoids and strigolactones in root exudates as signals in symbiotic and pathogenic plant-fungus interactions. *Molecules*. 2007. Vol. 12. P. 1290–1306.
461. Stohlgren T., Rejmanek M. No universal scale-dependent impacts of invasive species on native plant species richness. *Biology letters*. 2014. Vol. P. 97–108. DOI: 10.1098/rsbl.2013.0939
462. Suleiman E., Saieed Nathim Th., Adeba Y. Shareef. Effect of electrical shock and its duration in chlorophyll and protein content of *Robinia pseudoacacia* L. transplants. *Mesopotamia Journal of Agriculture*. 2018. Vol. 46, Iss.3. P. 91-102. DOI: 10.33899/magrj.2018.161480
463. Swab R. M., Loren N., Byrd S., Dick R. Native vegetation in reclamation: Improving habitat and ecosystem function through using prairie species in mine land reclamation. *Ecological Engineering*. 2017. N. 108. P. 525–536. DOI: <https://doi:10.1016/j.ecoleng.2017.05.012>
464. Swapnil P., Meena M., Kumar S., Marwal A. Vital roles of carotenoids in plants and humans to deteriorate stress with its structure, biosynthesis, metabolic engineering and functional aspects. *Current Plant Biology*. 2021. Vol. 26. P. 2–11. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cpb.2021.100203>.
465. Tegart, L.J., Johnston, F.H., Borchers Arriagada, N. et al. Pollen potency: the relationship between atmospheric pollen counts and allergen exposure. *Aerobiologia*. Vol. 37. P. 825–841. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10453-021-09726-3>.
466. Telhado, C., Silveira, F.A., Fernandes, G.W. and Cornelissen, T. Fluctuating asymmetry in Melastomataceae. *Plant Species Biology*. 2017. Vol. 32. Iss. 1. P. 3–12. DOI: <https://doi.org/10.1111/1442-1984.12122>
467. Terekhov Ye. V., Litvinov Yu. I. Development of ecological enterprise in conditions of use of technogenic land. *Науковий журнал Економічний вісник Національного гірничого університету*. 2018. №1 (61). С. 173–181.
468. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2018-2. <http://www.iucnredlist.org>. Downloaded on 14 November 2018.

469. The reclamation of the North Estonian oil shale mining area / Lõhmus K. et al. Multifunctional land use: meeting future demands for landscape goods and services. 2007. P. 387–401. DOI: 10.1007/978-3-540-36763-5_24.
470. Total phenolics, flavonoid content and antioxidant power of leaf, flower and fruits from cornelian cherry (*Cornus mas* L.) / Stankovic M. S. et al. Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2014. Vol. 20. P. 132–137.
471. Tree allergen pollen-related content as pollution source in the city of Ourense (NW Spain) / Alvarez-Lopez S. et al. *Forests*. 2020. Vol. 11(11). P. 1095–1106. DOI: <https://doi.org/10.3390/f11111129>.
472. Tropek R., Kadlec T., Hejda M, Konvicka M. Technical reclamations are wasting the conservation potential of post-mining sites. A case study of black coal spoil dumps. *Ecological Engineering*. 2012. Vol. 43. P. 13–18. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2011.10.010>
473. Tropek R., Kadlec T., Karesova P., Spitzer L. Spontaneous succession in limestone quarries as an effective restoration tool for endangered arthropods and plants. *Journal of Applied Ecology*. 2010. Vol. 47. P.139–147. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2009.01746.x>.
474. Tsolaki-Fiaka Sapfo, Bathrellos George, Skilodimou Hariklia. Multi-Criteria Decision Analysis for an Abandoned Quarry in the Evros Region (NE Greece). *Land*. 2018. Vol. 7 (43). DOI: 10.3390/land7020043.
475. Tymchuk I, Malovanyy M, Shkvirko O. Review of the Global Experience in Reclamation of Disturbed Lands. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2021. Vol. 22, N. 1. C.24–30. DOI:10.12912/27197050/132097.
476. Tymchuk I., Malovanyy M., Shkvirko O. et al. Innovative creation technologies for the growth substrate based on the man-made waste – perspective way for Ukraine to ensure biological reclamation of waste dumps and quarries. *International Journal of Foresight and Innovation Policy*. 2020. P. 41–53. Vol.14, N. 2-4. P. 248–263.
477. Uhlig C., Salemaa M., Derome J. Element distribution in *Empetrum nigrum* microsites at heavy metal contaminated sites in Harjavalta, western Finland.

- Environmental Pollution*. 2001. Vol. 112, Iss. 3. P. 435–442. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(00\)00140-8](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(00)00140-8).
478. Variation of phenotypic and physiological traits of *Robinia pseudoacacia* L. from 20 provenances / Guo Q. et al. PLoS ONE. 2022. Vol. 17, Iss. 1. P. 1–8. DOI: 10.1371/journal.pone.0262278.
479. Warming E. Ecology Of Plants. Clarendon Press, Oxford, 1909.
480. Wilgen B.W., Dyer C., Hoffmann J. H, Wilson J.R.U. National-scale strategic approaches for managing introduced plants: insights from Australian acacias in South Africa. *Diversity and Distributions*. 2011. Vol. 17. P.1060–1075.
481. Wodala B., Eitel G., Gyula T. N. et al. Monitoring moderate Cu and Cd toxicity by chlorophyll fluorescence and P₇₀₀ absorbance in pea leaves. *Photosynthetica*. 2012. Vol. 50, N. 3. P. 380–386.
482. Wright I. J., Reich P. B., Westoby M. Least-cost input mixtures of water and nitrogen for photosynthesis. *The American naturalist*. 2003. Vol. 161, N. 2. P. 98–111.
483. Yang J., Ma S., Zhou J. Heavy Metal Contamination in Soils and Vegetables and Health Risk Assessment of Inhabitants in Daye, China. *Journal of International Medical Research*. 2018. Vol. 46. P. 3374–3387. DOI: <https://doi.org/10.1177/0300060518758585>
484. Yusypiva T. Bioecological analysis of *Picea pungens* needles in the deterioral conditions of the DTEK Prydniprovsk thermal power plant. *Ecology and Noospherology*. 2018. Vol. 29(2). P. 119–124. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.15421/031819>.
485. Zhang JL, Li XG, Xu XH, Chen HP, Li YL, Guy RD. Leaf morphology, photosynthesis and pigments change with age and light regime in savin juniper. *Plant Biol (Stuttg)*. 2021. N. 23(6). DOI:10.1111/plb.13256
486. Zidorn Ch. *Veronica arguteserrata* in Innsbruck – Erstnachweis für Österreich. *Neilreichia - Zeitschrift für Pflanzensystematik und Floristik Österreichs*. 2008. Vol. 5. P. 199 – 202.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

ДЕВАСТОВАНІ ЗЕМЛІ КРИВОРІЖЖЯ ТА ОЗНАКИ САМОЗАРОСТАННЯ



Рис. А. 1. Деревні види рослин на девастрованих землях Криворіжжя

(*Fraxinus excelsior* L.)



Рис. А. 2. Девастовані землі та ознаки самозаростання Жовтневого кар'єру
(промисловий майданчик)



Рис. А. 3. Деревні види рослин на девастрованих землях Криворіжжя



Рис. А. 4. Деревні види рослин на девастрованих землях Криворіжжя



Рис. А. 5. Девастовані землі та ознаки самозаростання Коломоївського гранітного кар'єру



Рис. А. 6. Девастовані землі та ознаки самозаростання Рудника



Рис. А. 7. Девастовані землі та ознаки самозаростання «Візирки»



Рис. А. 8. Девастовані землі та ознаки самозаростання Жовтневого кар'єру

ДОДАТОК Б

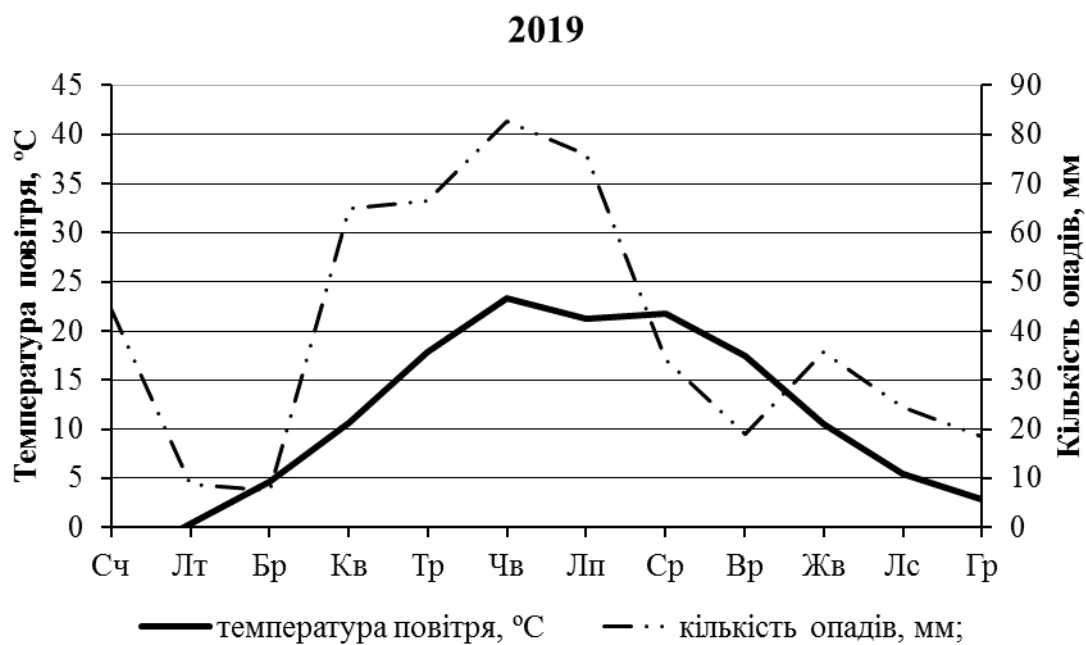


Рис. Б.1. Клімадіаграма м. Кривий Ріг (за Г. Вальтер, 1968)

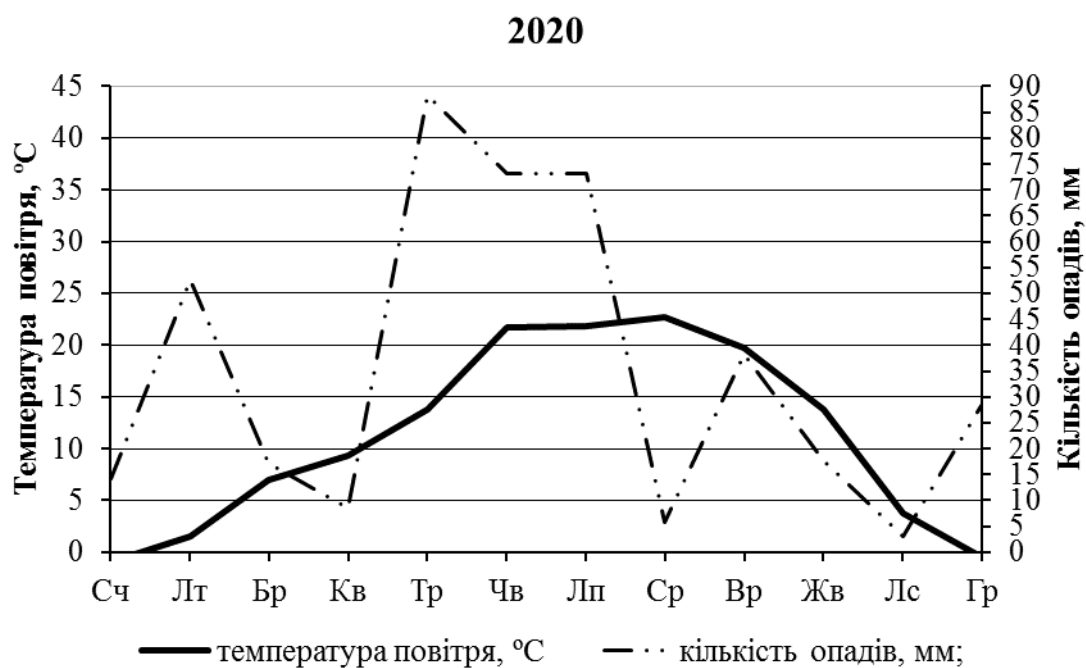


Рис. Б.2. Клімадіаграма м. Кривий Ріг (за Г. Вальтер, 1968)

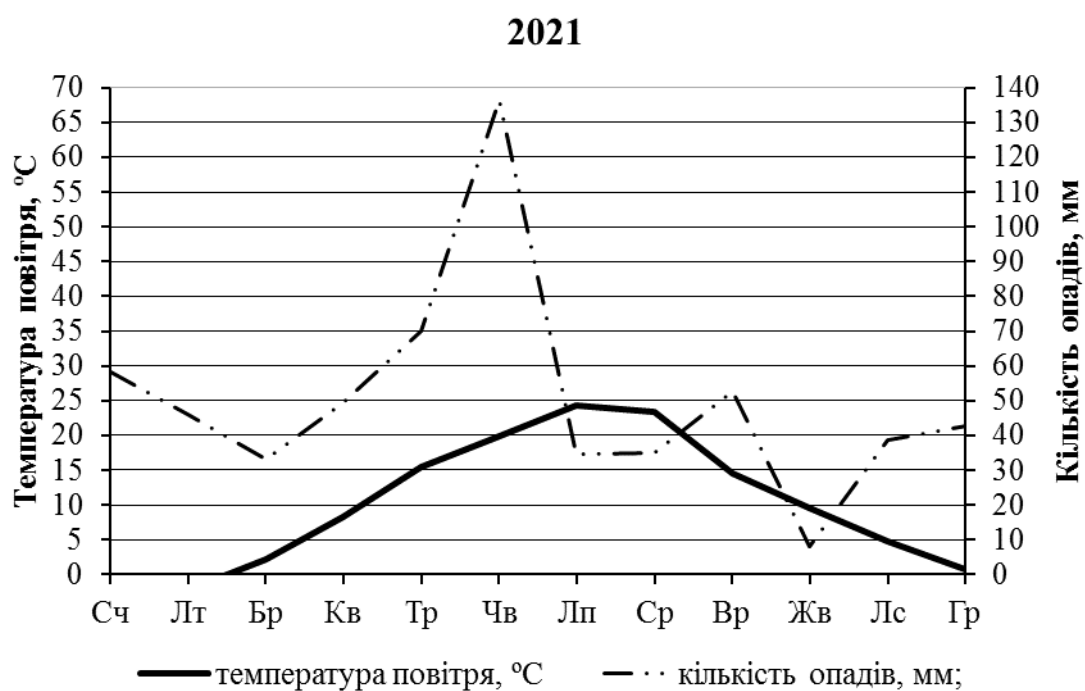


Рис. Б.3. Клімадіаграма м. Кривий Ріг (за Г. Вальтер, 1968)

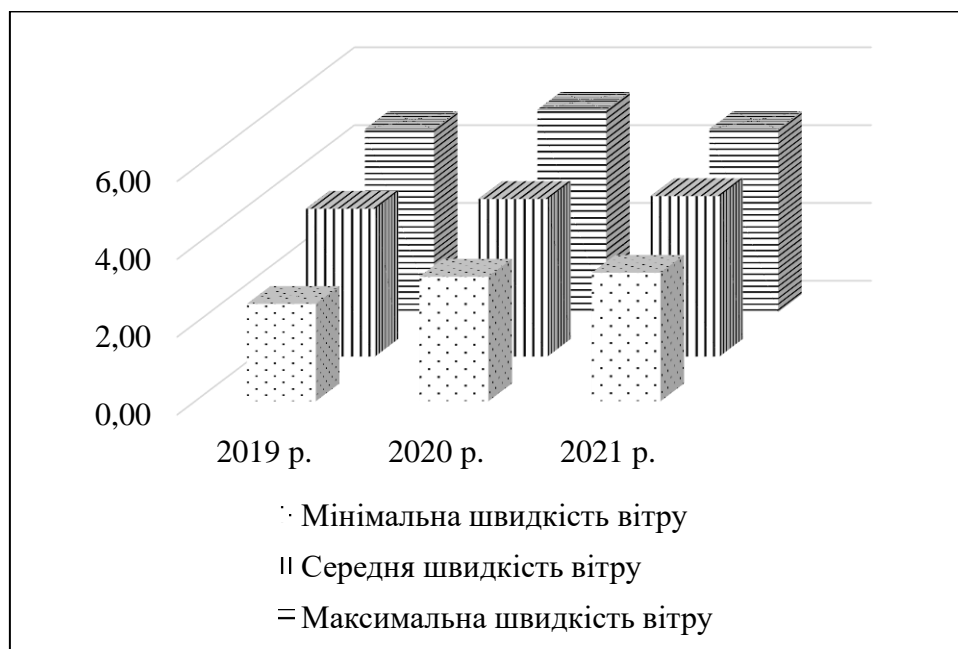


Рис. Б.4. Динаміка швидкості вітру у м. Кривий Ріг

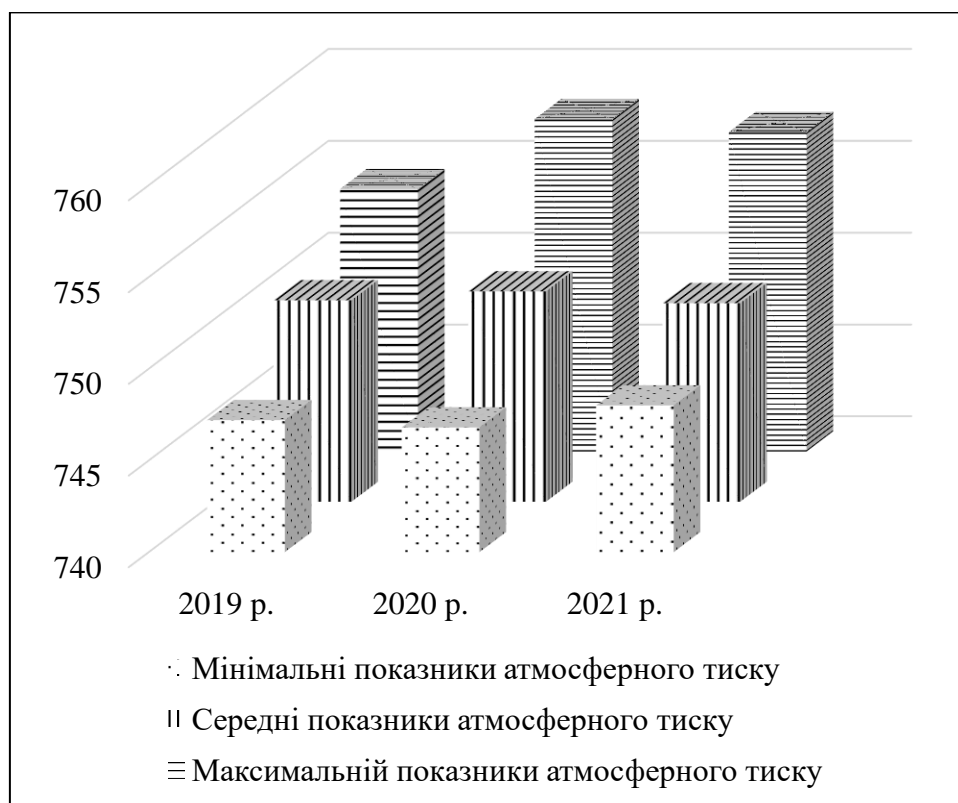


Рис. Б.5. Динаміка зміни атмосферного тиску у м. Кривий Ріг

Таблиця Б1

Характеристика метеорологічних умов 2019-2021 рр. у м. Кривий Ріг
(складено автором за даними українського гідрометеорологічного центру)

	Швидкість вітру, м/с			Температура повітря, °C			Середня багаторічна норма, °C	Опади, мм			Середня багаторічна норма, мм	Атмосферний тиск мм. рт. ст.		
	2019	2020	2021	2019	2020	2021		2019	2020	2021		2019	2020	2021
Січень	4,7	3,5	4,5	-4,1	-0,9	-1,6	-5,3	44,6	14,1	58,1	40,7	747,8	755,1	749,0
Лютий	4,4	4,8	4,7	0,4	1,5	-2,2	-3,2	8,7	52,6	46,0	27,0	753,9	749,2	753,2
Березень	4,3	4,7	4,4	4,7	7,0	2,1	-0,2	7,6	17,1	33,3	16,6	750,1	752,0	751,7
Квітень	4,0	4,8	3,9	10,7	9,3	8,2	3,5	65	8,4	49,3	33,2	752,1	751,3	750,7
Травень	3,7	3,9	4,1	17,8	13,8	15,5	15,5	66,6	88,2	70,1	38,4	748,2	748,8	748,4
Червень	3,9	3,5	3,6	23,3	21,7	19,9	20,0	82,6	73,2	136,5	51,1	750,6	746,8	748,0
Липень	2,9	3,5	3,3	21,3	21,9	24,3	22,3	75,8	73,1	34,7	32,8	747,2	746,8	748,4
Серпень	3,0	3,2	4,2	21,7	22,7	23,3	21,2	34,1	5,7	35	32,8	751,1	749,6	748,7
Вересень	3,6	3,8	3,8	17,5	19,7	14,5	15,0	19,1	38,3	52,7	27,7	752,3	751,6	751,9
Жовтень	2,5	4,1	4,2	10,6	13,8	9,5	9,1	35,6	17,7	8,1	24,8	753,2	752,1	757,4
Листопад	4,7	3,6	4,1	5,5	3,8	4,7	2,4	24,5	3,1	38,5	23,1	754,3	758,1	753,2
Грудень	3,9	5,2	4,7	2,9	-0,5	0,7	-1,3	18,5	28,4	42,7	34,4	751,1	756,3	749,4
Середньоріч ні показники	3,8	4,1	4,1	11,0	11,1	9,1	8,2	40,2	34,9	50,4	31,9	751,0	751,5	750,8

ДОДАТОК В

Таблиця В1

Таксономічний склад деревно-чагарникових видів, що природно поширені на девастрованих землях Криворіжжя

№ з/п	Назва рослин	походження	Ділянки					
			Петровський відвал	Девастровані землі Рудника	Жовтневий гранітний кар'єр	Карачунівський гранітний кар'єр	Коломоївський гранітний кар'єр	Візирка
1	<i>Acer negundo</i>	Адвентивний вид	+	+	+	+	+	+
2	<i>Acer platanoides</i>	Європейсько-середземноморський		+	+			+
3	<i>Acer pseudoplatanus</i>	Адвентивний вид	+	+	+			
4	<i>Acer tataricum</i>	Понтичний вид	+		+	+		+
5	<i>Ailanthus altissima</i>	Адвентивний вид		+			+	
6	<i>Amelanchier ovalis</i>	Адвентивний вид	+		+			
7	<i>Armeniaca vulgaris</i>	Адвентивний вид	+	+	+	+	+	+
8	<i>Betula pendula</i>	Адвентивний вид	+					
9	<i>Cerasus avium</i>	Адвентивний вид						+
10	<i>Cerasus vulgaris</i>	Адвентивний вид	+	+				
11	<i>Cerasus mahaleb</i>	Адвентивний вид		+	+		+	+
12	<i>Colutea arborescens</i>	Адвентивний вид						+

Продовження таблиця В1

13	<i>Cotinus coggygria</i>	Адвентивний вид	+	+			+	+
14	<i>Crataegus sanguinea</i>	Адвентивний вид				+	+	+
15	<i>Crataegus fallacina</i>	Східнопричорноморський вид	+					
16	<i>Crataegus pentagyna</i>	Понтичний вид		+	+			
17	<i>Elaeagnus angustifolia</i>	Адвентивний вид	+	+	+	+	+	+
18	<i>Frangula alnus</i>	Європейсько-середземноморсько-передньозіатський вид		+				
19	<i>Fraxinus excelsior</i>	Європейсько-середземноморсько-передньозіатський вид	+	+	+	+	+	+
20	<i>Gleditsia triacanthos</i>	Адвентивний вид						+
21	<i>Hippophae rhamnoides</i>	Адвентивний вид	+		+			
22	<i>Juglans regia</i>	Адвентивний вид	+	+	+		+	
23	<i>Ligustrum vulgare</i>	Європейський вид		+		+	+	+
24	<i>Lonicera tatarica</i>	Адвентивний вид	+		+		+	+
25	<i>Malus domestica</i>	Адвентивний вид	+	+		+	+	+
26	<i>Malus silvestris</i>	Європейський вид						+
27	<i>Morus alba</i>	Адвентивний вид		+				
28	<i>Morus nigra</i>	Адвентивний вид	+	+	+		+	

Продовження таблиця В1

29	<i>Pinus pallasiana</i>	Адвентивний вид	+					
30	<i>Populus alba</i>	Західнопалеарктичний вид	+				+	
31	<i>Populus bolleana</i>	Адвентивний вид		+				
32	<i>Populus canescens</i>	Адвентивний вид	+	+	+	+		+
33	<i>Populus deltoidea</i>	Адвентивний вид північноамериканського походження		+	+		+	
34	<i>Populus italica</i>	Адвентивний вид середньо азійського походження	+	+	+			+
35	<i>Populus nigra</i>	Євросибірський вид	+	+	+	+		+
36	<i>Persica vulgaris</i>	Адвентивний вид		+	+			+
37	<i>Prunus domestica</i>	Адвентивний вид						+
38	<i>Prunus divaricata</i>	Адвентивний вид	+	+				+
39	<i>Prunus spinosa</i>	Понтично-паннонський вид					+	+
40	<i>Pyrus communis</i>	Європейсько-середземноморський	+	+	+	+	+	+
41	<i>Quercus robur</i>	Сх. Євр. вид	+			+		
42	<i>Robinia pseudoacacia</i>	Адвентивний вид	+	+	+	+	+	+
43	<i>Robinia viscosa</i>	Адвентивний вид	+					
44	<i>Rosa canina</i>	Європейський вид	+	+	+	+	+	+

Продовження таблиця В1

45	<i>Salix fragilis</i>	Адвентивний вид малоазійського походження	+					
46	<i>Sambucus nigra</i>	Європейсько- середземноморський вид		+				
47	<i>Sorbus aucuparia</i>	Адвентивний вид	+					
48	<i>Sorbus torminalis</i>	Адвентивний вид		+				
49	<i>Syringa vulgaris</i>	Адвентивний вид		+			+	+
50	<i>Swida sanguinea</i>	Європейський вид						
51	<i>Ulmus pumila</i>	Середня Азія, Далекий Схід, Монголія.	+	+	+	+	+	+
52	<i>Ulmus laevis</i>	Європейський вид	+	+	+	+	+	+
53	<i>Ulmus minor</i>	Європейсько- середземноморсько- передньозіатський вид	+	+	+	+	+	+
54	<i>Viburnum opulus</i>	Євросибірський вид	+			+		

ДОДАТОК Г

Видовий склад деревних та чагарникових рослинних угруповань, що природно поширені на девастрованих землях Криворіжжя

№ з/п	Рід	Вид
1	2	3
Відділ PINOPHYTA – Голонасінні		
Родина PINACEAE Lindl. – Соснові		
1	<i>Pinus</i> L. – сосна	<i>Pinus pallasiana</i> D. Don.
ВІДДІЛ MAGNOLIOPHYTA – Покритонасінні		
Родина ACERACEAE Lindl. – Кленові		
2	<i>Acer</i> L. – клен	<i>Acer negundo</i> L.
3	<i>Acer</i> L. – клен	<i>Acer platanoides</i> L.
4	<i>Acer</i> L. – клен	<i>Acer pseudoplatanus</i> L.
5	<i>Acer</i> L. – клен	<i>Acer tataricum</i> L.
Родина SIMAROUBACEAE DC. – Симарубові		
6	<i>Ailanthus</i> Desf. – айлант	<i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swingle
Родина ROSACEAE Juss. – Розові		
7	<i>Amelanchier</i> Medik. – ірга	<i>Amelanchier ovalis</i> Medik.
8	<i>Armeniaca</i> Scop. – абрикос	<i>Armeniaca vulgaris</i> Lam.
9	<i>Cerasus</i> Mill. – вишня	<i>Cerasus avium</i> (L.) Moench
10	<i>Cerasus</i> Mill. – вишня	<i>Cerasus mahaleb</i> (L.) Mill.
11	<i>Cerasus</i> Mill. – вишня	<i>Cerasus vulgaris</i> Mill.
12	<i>Crataegus</i> L. – глід	<i>Crataegus sanguinea</i> Pall.
13	<i>Crataegus</i> L. – глід	<i>Crataegus pentagyna</i> Waldst. et Kit.
14	<i>Crataegus</i> L. – глід	<i>Crataegus fallacina</i> Klokov
15	<i>Malus</i> Mill. – яблуня	<i>Malus domestica</i> Borkh.
16	<i>Malus</i> Mill. – яблуня	<i>Malus sylvestris</i> Mill.
17	<i>Persica</i> Mill. – персик	<i>Persica vulgaris</i> Mill.
18	<i>Prunus</i> L. – слива	<i>Prunus domestica</i> L.
19	<i>Prunus</i> L. – слива	<i>Prunus divaricata</i> Ledeb.
20	<i>Prunus</i> L. – слива	<i>Prunus spinosa</i> L.
21	<i>Pyrus</i> L. – груша	<i>Pyrus communis</i> L.
22	<i>Rosa</i> L. – шипшина	<i>Rosa canina</i> L.
23	<i>Sorbus</i> L. – горобина	<i>Sorbus aucuparia</i> L.
24	<i>Sorbus</i> L. – горобина	<i>Sorbus torminalis</i> (L.) Crantz
Родина ELAEAGNACEAE Juss. – Маслинкові		
25	<i>Elaeagnus</i> L. – маслинка, лох	<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.
26	<i>Hippophae</i> L. – обліпіха	<i>Hippophae rhamnoides</i> L.
Родина OLEACEAE Hoffmgg. et Link – Маслинові		
27	<i>Fraxinus</i> L. – ясен	<i>Fraxinus excelsior</i> L.
28	<i>Ligustrum</i> L. – бирючина	<i>Ligustrum vulgare</i> L.
29	<i>Syringa</i> L. – бузок	<i>Syringa vulgaris</i> L.

Продовження таблиця Г1

Родина RHAMNACEAE Juss. – Жостерові		
30	<i>Frangula</i> Mill.	<i>Frangula alnus</i> Mill.
Родина CAPRIFOLIACEAE Juss. – Жимолостеві		
31	<i>Lonicera</i> L. – жимолость	<i>Lonicera tatarica</i> L.
32	<i>Sambucus</i> L. – бузина	<i>Sambucus nigra</i> L.
Родина FABACEAE Lindl. – Бобові		
33	<i>Colutea</i> L. – міхурник	<i>Colutea arborescens</i> L.
34	<i>Robinia</i> L. – робінія	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.
35	<i>Robinia</i> L. – робінія	<i>Robinia viscosa</i> Vent.
36	<i>Gleditsia</i> L. – гледичія	<i>Gleditsia triacanthos</i> L.
Родина MORACEAE Link – Шовковицеві		
37	<i>Morus</i> L. – шовковиця	<i>Morus alba</i> L.
38	<i>Morus</i> L. – шовковиця	<i>Morus nigra</i> L.
Родина JUGLANDACEAE A. Rich. ex Kunth – ГОПІХОБІ		
39	<i>Juglans</i> L. – горіх	<i>Juglans regia</i> L.
Родина CORNACEAE Dumort. – Кизиліві		
40	<i>Swida</i> Opiz – свидина	<i>Swida sanguinea</i> (L.) Opiz
Родина VIBURNACEAE Dumort. – Калинові		
41	<i>Viburnum</i> L. – калина	<i>Viburnum opulus</i> L.
Родина FAGACEAE Dumort. – Букові		
42	<i>Quercus</i> L. – дуб	<i>Quercus robur</i> L.
Родина ANACARDIACEAE Lindl. – Сумахові		
43	<i>Cotinus</i> Mill. – скумпія	<i>Cotinus coggygria</i> Scop.
Родина SALICACEAE Mirb. – вербові		
44	<i>Populus</i> L. – тополя	<i>Populus alba</i> L.
45	<i>Populus</i> L. – тополя	<i>Populus bolleana</i> Louche.
46	<i>Populus</i> L. – тополя	<i>Populus x canescens</i> (Ait.) Smith
47	<i>Populus</i> L. – тополя	<i>Populus deltoides</i> Marshall
48	<i>Populus</i> L. – тополя	<i>Populus italica</i> Moench.
49	<i>Populus</i> L. – тополя	<i>Populus nigra</i> L.
50	<i>Salix</i> L.	<i>Salix fragilis</i> L.
Родина ULMACEAE L. – в'язові		
51	<i>Ulmus</i> L.	<i>Ulmus pumila</i> L.
52		<i>Ulmus laevis</i> Pall.
53		<i>Ulmus minor</i> Mill.
Родина BETULACEAE S.F. Gray – Березові		
54	<i>Betula</i> L. – береза	<i>Betula pendula</i> Roth.

ДОДАТОК Д

Вміст важких металів в листках деревних видів рослин (мг/кг)

Вміст заліза в листі дерев		
Ділянка	Статистичні параметри	
	М (мг/ кг)	% до контролю
Клен ясенелистий (<i>Acer negundo</i> L.)		
Контроль	521,10	–
I	1163	223
II	1175	225
III	624,1	120
IV	2586	496
V	2084	400
Береза повисла (<i>Betula pendula</i> Roth.)		
Контроль	301,70	-
I	699,80	231,95
II	600,00	199
III	699,40	231,8
IV	976,00	324
V	1210,00	401
Робінія звичайна (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.)		
Контроль	304,10	-
I	-	-
II	496,40	163
III	546,00	180
IV	-	
V	729,30	240
Вміст міді у листі дерев		
Ділянка	Статистичні параметри	
	М (мг/ кг)	% до контролю
Клен ясенелистий (<i>Acer negundo</i> L.)		
Контроль	1,461	-
I	2,073	142
II	2,313	158
III	0,788	54
IV	2,438	167
V	2,885	197
Береза повисла (<i>Betula pendula</i> Roth.)		
Контроль	2,352	-
I	3,793	161
II	1,445	61
III	1,551	66
IV	1,644	70
V	4,577	195
Робінія звичайна (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.)		
Контроль	1,382	-
I	0,000	-
II	1,691	122
III	1,336	97

IV	0,000	-
V	3,202	232
Вміст марганцю у листі дерев		
Ділянка	Статистичні параметри	
	М (мг/ кг)	% до контролю
Клен ясенелистий (<i>Acer negundo</i> L.)		
Контроль	87,16	-
I	147,60	169
II	134,90	155
III	61,41	70
IV	74,40	85
V	92,23	106
Береза повисла (<i>Betula pendula</i> Roth.)		
Контроль	81,66	-
I	4076,00	4991
II	1880,00	2302
III	1877,00	2299
IV	1066,00	1305
V	2792,00	3419
Робінія звичайна (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.)		
Контроль	45,49	-
I	0,00	-
II	192,50	423
III	124,80	274
IV	0,00	-
V	369,70	813
Вміст свинцю в листі дерев		
Ділянка	Статистичні параметри	
	М (мг/ кг)	% до контролю
Клен ясенелистий (<i>Acer negundo</i> L.)		
Контроль	0,210	-
I	0,305	145
II	0,339	161
III	0,162	77
IV	0,477	227
V	0,410	195
Береза повисла (<i>Betula pendula</i> Roth.)		
Контроль	0,165	-
I	0,295	179
II	0,281	170
III	0,272	165
IV	0,361	219
V	0,379	230
Робінія звичайна (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.)		
Контроль	0,129	-
I	0,000	-
II	0,111	86
III	0,109	84
IV	0,000	-
V	0,203	157

Вміст цинку в листі дерев		
Ділянка	Статистичні параметри	
	М (мг/ кг)	% до контролю
Клен ясенелистий (<i>Acer negundo</i> L.)		
Контроль	7,22	-
I	8,63	120
II	8,28	115
III	4,56	63
IV	8,15	113
V	8,04	111
Береза повисла (<i>Betula pendula</i> Roth.)		
Контроль	44,55	-
I	142,00	319
II	40,17	90
III	76,75	172
IV	48,08	108
V	122,10	274
Робінія звичайна (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.)		
Контроль	9,50	-
I	0,00	-
II	9,04	95
III	4,99	53
IV	0,00	-
V	13,39	141

ДОДАТОК Е

АКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ

<p style="text-align: center;">«ПОГОДЖЕНО»</p> <p>Проректор з наукової роботи ДНУ ім. Олесея Гончара к.б.н., доцент</p> <p style="text-align: center;">Олег МАРЕНКОВ</p> <p>«__» _____ 20__ р.</p>	<p style="text-align: center;">«ЗАТВЕРДЖУЮ»</p> <p>В.о.директора Криворізького ботанічного саду НАН України, к.б.н., с.н.с.</p> <p style="text-align: center;">Людмила БОЙКО</p> <p>«__» _____ 2022 року</p>
---	---

**Акт
впровадження результатів науково-дослідної роботи**

Організація: Криворізький ботанічний сад НАН України

Цим актом підтверджується, що результати виконуваної в Дніпровському національному університеті імені Олеся Гончара науково-дослідної роботи за держбюджетною темою №0119U100103 «Еколого-фізіологічні аспекти підбору асортименту рослин до умов Степового Придніпров'я» та дисертаційної роботи Белик Ю.В. на здобуття наукового ступеня доктора філософії за темою «Еколого-фізіологічні особливості аборигенних та інтродукованих видів деревних і чагарникових рослин на дегазованих землях Криворіжжя» впроваджені в Криворізькому ботанічному саду НАН України.

Вид впроваджених результатів: результати досліджень еколого-фізіологічних особливостей деревних і чагарникових рослин на дегазованих землях Криворіжжя. Встановлено зниження життєвого стану деревних рослин в умовах високого техногенного навантаження. Визначено зміни показників морфо-анатомічних та фізіологічних параметрів рослин, які проявляються у збільшенні флуктуючої асиметрії, зменшенні таксаційних (біометричних) параметрів рослин, чутливості фотосинтетичного апарату до умов зростання. Визначення концентрацій макронутрієнтів (K, Na, Ca, Mg, P, S) і важких металів (Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Cd) у ґрунті та листі дерев, які поширені на дегазованих землях, вказує на те, що рослини перебувають в умовах дефіциту поживних речовин та надлишку важких металів. Узагальнено перелік деревних і чагарникових рослин, які є найбільш адаптованими до умов зростання та перспективними для фітооптимізації порушених територій.

Характеристика масштабу впровадження: одноразове.

Новизна результатів науково-дослідної роботи: якісно нові.

Форма впровадження: передані результати будуть використовуватись для подальшого аналізу тенденцій змін флористичного складу деревно-чагарникових угруповань, оцінки фізіологічної стійкості рослин в умовах техно- та урболандафтів. А також під час проведення моніторингу стану довкілля територій, порушених видобутком корисних копалин. Враховуючи, що впровадження має науковий характер, то економічний ефект не розраховується.

Науковий керівник,
д.б.н., проф.

Юрій ЛИХОЛАТ

ПОГОДЖЕНО

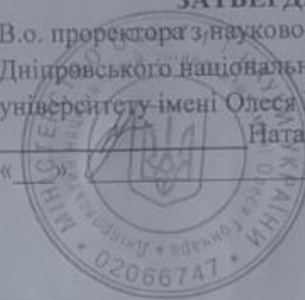
Проректор з наукової роботи
Дніпровського національного
університету імені Олеся Гончара

« » 2022 р. Олег МАРЕНКОВ

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. проректора з науково-педагогічної роботи
Дніпровського національного
університету імені Олеся Гончара

« » 2022 р. Наталія ГУК



А К Т

впровадження результатів роботи, поданої на здобуття наукового ступеня
доктора філософії Белик Ю. В. «Еколого-фізіологічні особливості аборигенних та
інтродукованих видів деревних і чагарникових рослин на деєстованих землях Криворіжжя» в
освітній процес Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара

1 «17» жовтня 2022 р. пр № 2 на засіданні вченої ради біолого-екологічного факультету у складі
14 осіб заслухали повідомлення здобувача Юлії БЕЛИК про результати виконання наукового
дослідження.

2. Стисла характеристика результатів дослідження

Проведено дослідження еколого-фізіологічних особливостей деревних і чагарникових рослин
на деєстованих землях Криворіжжя. Визначено зміни показників морфо-анатомічних та
фізіологічних параметрів рослин, які проявляються у збільшенні флуктуючої асиметрії,
зменшенні таксаційних (біометричних) параметрів рослин, чутливості фотосинтетичного апарату
до умов зростання. Встановлено особливості накопичення макронутрієнтів та важких металів в
листі деревних рослин в умовах техногенно порушених земель. Досліджено загальний вміст
фенольних сполук в листках деревних видів рослин. Встановлені найбільш інформативні
показники та можливості їх використання у біоіндикації.

3. Використання в освітньому процесі:

Використано під час викладання дисциплін: «Садівництво, квітництво та рослинництво у
школі» та «Ландшафтна організація міських територій», а також при виконанні магістерських
робіт студентами.

4. Відомості про впроваджені об'єкти права інтелектуальної власності

1. Savosko, V.M., Lykholat Y.V., Bielyk Y.V. (2021). Foresting of technogenic devastated lands as an effective factor for environmental safety at he mining & metallurgical district. In: Y.V. Lykholat (ed.), Effects of pollution and climate change on the ecosystem componenets (pp. 6-39). Praha, Oktan Print. DOI: 10.46489/EOPACC-1204211.
2. Bielyk, Y., Savosko, V., Lykholat, Y., Heilmeyer, H., & Grygoryuk, I. (2020). Macronutrients and heavy metals contents in the leaves of trees from the devastated lands at Kryvyi Rih District (Central Ukraine). E3S Web of Conferences, 166, 01011. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016601011>.
3. Savosko, V., Bielyk, Y., Lykholat, Y., Heilmeyer, H., Grygoryuk, I., Khromykh, N., & Lykholat, T. (2021). The total content of macronutrients and heavy metals in the soil on devastated lands at Kryvyi Rih Iron Mining & Metallurgical District (Ukraine). Journal of Geology, Geography and Geoecology, 30(1), 153-164. <https://doi.org/https://doi.org/10.15421/112114>.
4. Lykholat, Y.V., Khromykh, N.O., Lykholat, T.Y., Didur, O.O., Lykholat, O.A., Legostaeva, T.V., Kabar, A.M., Sklyar, T.V., Savosko, V.M., Kovalenko, I.M., Davydov, V.R., Bielyk, Yu.V., Volyanik, K.O., Onopa, A. V., Dudkina, K.A., Grygoryuk, I.P. (2019). Industrial characteristics and consumer properties of Chaenomeles Lindl. Fruits. Ukrainian Journal of Ecology, 9(3): 132- 137.

<https://www.ujecology.com/articles/industrial-characteristics-andconsumer-properties-of-chaenomeles-lindl-fruits.pdf>.

5. Савосько, В.М., Лихолат, Ю.В., Бєлик, Ю.В., Григорюк, І.П. (2019). Апофітні та адвентивні деревні види на девастрованих землях гранітних кар'єрів Криворіжжя. Біоресурси і природокористування, 11 (1-2), С. 14-25. DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/bio2019.01.002>.
6. Bielyk, Yu.V., Savosko, V. M., Lykholat, Yu. V., Heilmeier, H., & Grygoryuk, I. P. (2020). Macronutrients and heavy metals contents in the leaves of trees from the devastated lands at Kryvyi Rih district (Central Ukraine). *Ekolohichnyi visnyk Kryvorizhzhia* [Ecological Bulletin of Kryvyi Rih District], 5, 81–99. <https://doi.org/10.31812/eco-bulletin-krd.v5i0.4355>.
7. Бєлик, Ю., Савосько, В., & Лихолат, Ю. (2019). Таксономічний склад та синантропна характеристика деревно-чагарникових угруповань Петровського відвалу (Криворіжжя). Екологічний вісник Криворіжжя, 4, 104-113. <https://doi.org/10.31812/eco-bulletin-krd.v4i0.2565>.
8. Savosko, V., Lykholat, Y., Bielyk, Y., & Lykholat, T. (2019). Ecological and geological determination of the initial pedogenesis on devastated lands in the Kryvyi Rih Iron Mining & Metallurgical District (Ukraine). *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 28(4), 738-746. <https://doi.org/https://doi.org/10.15421/111969>.

5. Пропозиції ради

Запропоновано впровадити результати дисертаційної роботи Юлії БЄЛИК «Еколого-фізіологічні особливості аборигенних та інтродукованих видів деревних і чагарникових рослин на девастрованих землях Криворіжжя» в освітній процес.

Голова вченої ради біолого-екологічного факультету
Дніпровського національного університету
імені Олеся Гончара



Олена СЕВЕРИНОВСЬКА

ДОДАТОК Ж
СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ, В ЯКИХ ОПУБЛІКОВАНІ ОСНОВНІ НАУКОВІ
РЕЗУЛЬТАТИ ДИСЕРТАЦІЇ

Монографія:

1. Savosko V.M., Lykholat Y.V., **Bielyk Y.V.** Foresting of technogenic devastated lands as an effective factor for environmental safety at the mining & metallurgical district. In: Y.V. Lykholat (ed.). *Effects of pollution and climate change on the ecosystem componenets* Praha, Oktan Print, 2021. P.6–39. DOI: [10.46489/EOPACC-1204211](https://doi.org/10.46489/EOPACC-1204211).
(*Особистий внесок: виконання польових досліджень, обробка отриманих результатів, написання статті та розділу 1*).

**Публікації у наукових зарубіжних виданнях,
які включені до міжнародних наукометричних баз даних:**

2. **Bielyk Y.**, Savosko V., Lykholat Y. et al. Macronutrients and heavy metals contents in the leaves of trees from the devastated lands at Kryvyi Rih District (Central Ukraine). *Web of Conferences*. (22 April 2020). 2020. Vol. 166. DOI: [10.1051/e3sconf/202016601011](https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016601011). (**Indexed in:** Agricultural & Environmental Science Database (ProQuest), Chemical Abstracts Service (CAS), **Web of Science Core Collection (Emerging Sources Citation Index)**, DOAJ, Earth, Atmospheric & Aquatic Science Database (Proquest), EBSCO (EBSCO Discovery Service), Ei Compendex, Google Scholar, IET INSPEC, Materials Science & Engineering Database (ProQuest), NASA ADS, SciTech Premium Collection (ProQuest), **Scopus**, Technology Collection (ProQuest), Wanfang Data)) (*Особистий внесок: виконання польових досліджень, опрацювання матеріалів, аналіз результатів, написання статті*).
3. Savosko V.M., **Bielyk Y.V.**, Lykholat Y.V., Heilmeier Assesment of heavy metals concentration in initial soils of post-mining landscapes in Kryvyi Rih District (Ukraine). *Ekológia (Bratislava)*. 2022. Vol. 41, No. 3, p. 201–211, DOI: <https://doi.org/10.2478/eko-2022-0020>. (**Indexed in:** National Agricultural Library, **Web of Science (Biological Abstracts, BIOSIS Previews, Zoological Record)**, DOAJ, EBSCO (EBSCO Discovery Service), Google Scholar, **Scopus**, Semantic Scholar,

Wanfang Data) (**Особистий внесок:** виконання польових досліджень, опрацювання матеріалів, аналіз результатів, написання статті).

4. Lykholat T. Y., Lykholat O. A., Marenkov O. M., Lykholat Y. V. and (**Bielyk Y.V.**) Belic Y. V. Proteolytic processes in organism of different age rats exposed to xenoestrogens. *Journal of Physics: Conference Series*. (22 May 2022). 2022. Vol. 2288. DOI [10.1088/1742-6596/2288/1/012013](https://doi.org/10.1088/1742-6596/2288/1/012013). (Indexed in: Web of Science Core Collection (Emerging Sources Citation Index), DOAJ, Earth, Google Scholar, Scopus) (**Особистий внесок:** опрацювання матеріалів, аналіз результатів, написання статті).

Публікації у наукових фахових виданнях,

які включені до міжнародних наукометричних баз даних:

5. Savosko V., **Bielyk Y.**, Lykholat Y. et al. The total content of macronutrients and heavy metals in the soil on devastated lands at Kryvyi Rih Iron Mining & Metallurgical District (Ukraine). *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. 2021. № 30(1). P. 153–164. DOI: <https://doi.org/10.15421/112114>. (**Категорія журналу А; Indexed in:** Directory of Open Access Journals, Open Academic Journals Index, CiteFactor, Crossref, Index Copernicus International, Google Scholar, National Library of Ukraine Vernadsky, Eurasian Scientific Journal Index (ESJI), MIAR, Copac - Library Hub Discover, Sudoc - Library directory University Documentation System, WorldCat, EZB - Electronic Journal Library, WILBERT (Wildaüer Bucher +Medien Recherche-Tool), TIB, Leibniz Information Centre for Science and Technology, PHSG University of Education St.Gallen (Pädagogische Hochschule St.Gallen), The Open University, **Web of Science Core Collection (Emerging Sources Citation Index)**). (**Особистий внесок:** виконання польових досліджень, опрацювання матеріалів, аналіз результатів, написання статті).

6. Savosko V., Lykholat Y., **Bielyk Y.**, Lykholat T. Ecological and geological determination of the initial pedogenesis on devastated lands in the Kryvyi Rih Iron Mining & Metallurgical District (Ukraine). *Journal of Geology, Geography and*

Geocology. 2019. № 28(4). P. 738–746. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.15421/111969>. (**Категорія журналу А; Indexed in:** Directory of Open Access Journals, Open Academic Journals Index, CiteFactor, Crossref, Index Copernicus International, Google Scholar, National Library of Ukraine Vernadsky, Eurasian Scientific Journal Index (ESJI), MIAR, Copac Library Hub Discover, Sudoc - Library directory University Documentation System, WorldCat, EZB - Electronic Journal Library, WILBERT (Wildaüer Bucher +Medien Recherche-Tool), TIB, Leibniz Information Centre for Science and Technology, PHSG University of Education St.Gallen (Pädagogische Hochschule St.Gallen), The Open University, **Web of Science Core Collection (Emerging Sources Citation Index)**). (*Особистий внесок:* виконання польових досліджень, опрацювання матеріалів, аналіз результатів, написання статті).

7. Lykholat Y.V., Khromykh N.O., Lykholat T.Y., **Bielyk, Yu.V.** et al. Industrial characteristics and consumer properties of Chaenomeles Lindl. Fruits. Ukrainian Journal of Ecology. 2019. № 9(3). P. 132–137. DOI: <https://www.ujecology.com/articles/industrial-characteristics-andconsumer-properties-of-chaenomeles-lindl-fruits.pdf>. (**Категорія журналу А; Indexed in:** Academic Journals Database, Agricola, AGRIS, CAB Abstracts, Directory of Open Access Journals, **Bielefeld Academic Search Engine (BASE)**, EBSCO A-Z, eLIBRARY.ru, Euro Pub, Google Scholar, HINARI, JournalTOCs, OAIsters Directory, OCLC-WorldCat, Pollution Abstracts, Publons, SciLit - Scientific Literature, Ulrich's Periodicals Directory, **Web of Science Core Collection (Emerging Sources Citation Index)**). (*Особистий внесок:* виконання польових досліджень, опрацювання матеріалів, аналіз результатів, написання статті).

Публікації у наукових фахових виданнях України:

8. Савосько В.М., Лихолат Ю.В., Белик Ю.В., Григорюк І.П. Апофітні та адвентивні деревні види на девастрованих землях гранітних кар'єрів Криворіжжя. *Біоресурси і природокористування*. 2019. Т. 11, № 1-2. С. 14–25. DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/bio2019.01.002>. (**Категорія журналу Б; Indexed**

in: Erihplus, AGRIS, EBSCO publishing, MIAR, Google Scholar, BASE, ResearchBib, Ulrichsweb). (*Особистий внесок: виконання польових досліджень, опрацювання матеріалів, аналіз результатів, написання статті*).

9. Бєлик Ю.В., Савосько В.М., Лихолат Ю.В. Екологічна обумовленість показників життєвості та дендрометричних параметрів дендрофітоценозів природно поширених на девастрованих землях залізорудного відвалу. Вісник Одеського національного університету. Серія Біологія. 2022. Т. 7, Вип. 1(50). С. 7 – 23. (**Категорія журналу Б; Indexed in:** Національна бібліотека України ім. В. І. Вернадського, ResearchBib, Index Copernicus International, Google Scholar). (*Особистий внесок: виконання польових досліджень, опрацювання матеріалів, аналіз результатів, написання статті*).

10. Бєлик Ю.В., Савосько В.М., Лихолат Ю.В., Іжболдін О.О., Лихолат Т.Ю. Варіабельність умісту фенольних сполук у листках дерев, які природно поширені на девастрованих землях залізорудного відвалу. Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель. 2022. Том 51. С. 72 – 85. (**Категорія журналу Б; Indexed in:** Національна бібліотека України ім. В. І. Вернадського, ResearchBib, Index Copernicus International, Google Scholar). (*Особистий внесок: виконання польових досліджень, опрацювання матеріалів, аналіз результатів, написання статті*).

Публікації у інших виданнях:

11. Bielyk Yu.V., Savosko V. M., Lykholat Yu. V. et al. Macronutrients and heavy metals contents in the leaves of trees from the devastated lands at Kryvyi Rih district (Central Ukraine). Ecological Bulletin of Kryvyi Rih District. 2019. № 5. P. 81–99. <https://doi.org/10.31812/eco-bulletin-krd.v5i0.4355>. (**Indexed in:** Національна бібліотека України ім. В. І. Вернадського, Google Scholar). (*Особистий внесок: виконання польових досліджень, опрацювання матеріалів, аналіз результатів, написання статті*).

12. Бєлик Ю., Савосько В., Лихолат Ю. Таксономічний склад та синантропна характеристика деревно-чагарникових угруповань Петровського відвалу (Криворіжжя). Екологічний вісник Криворіжжя. 2019. Вип. 4. С. 104–113.

<https://doi.org/10.31812/eco-bulletin-krd.v4i0.2565>. (**Indexed in:** Національна бібліотека України ім. В. І. Вернадського, Google Scholar). (*Особистий внесок: виконання польових досліджень, опрацювання матеріалів, аналіз результатів, написання статті*).

13. Белик Ю., Савосько В., Лихолат Ю. Сучасний стан дендрофітоценозів, природно поширених на дегазованих землях залізрудного відвалу (Кривий Ріг). *Екологічний вісник Криворіжжя*. Вип. 7. 2023. С. 25–43. <https://doi.org/10.31812/ecobulletinkrd.v7i.7654>. (**Indexed in:** Національна бібліотека України ім. В. І. Вернадського, Google Scholar). (*Особистий внесок: виконання польових досліджень, опрацювання матеріалів, аналіз результатів, написання статті*).

Публікації, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

14. Белик Ю.В., Савосько В. М., Лихолат Ю.В. Вміст хлорофілу в листках деревних видів рослин природно поширених на залізрудному відвалі як маркер екологічних умов дегазованих земель. *Рослини та урбанізація: Матеріали сьомої Міжнародної науково-практичної конференції «Рослини та урбанізація»* (Дніпро, 3 березня 2021 р.). Дніпро, 2021. С. 83–85.

15. Белик Ю.В., Савосько В.М., Лихолат Ю.В., Герман Хайльмайер. Екологічні особливості вмісту макронутрієнтів в листках деревних видів рослин дегазованих земель гірничо-металургійного регіону. *Еко Форум – 2020 : збірка тез доповідей IV спеціалізованого міжнародного Запорізького екологічного форуму* (Запоріжжя, 15 – 17 жовтня 2020 р.). Запоріжжя, 2020. 500 с.

16. Лихолат Ю. В., Савосько В. М., Белик Ю. В. Адвентивні деревно-чагарникові види рослин на гранітних кар'єрах. *Досягнення науки і перспективи: матеріали I Науково-практичної конференції* (Вроцлав, 31 травня 2019 р.). Вроцлав, 2019. 112с.

17. Белик Ю. В., Лихолат Ю.В., Савосько В.М. Інтродуценти як компонент спонтанної дендрофлори дегазованих земель. *Глобальні наслідки інтродукції рослин в умовах кліматичних змін: матеріали міжнародної наукової конференції*

присвяченої 30-річчю Незалежності України (Київ, 5–7 жовтня 2021 р.). Київ, 2021. С. 67–69.

18. Бєлик Ю.В., Савосько В.М., Лихолат Ю.В. Оцінка життєвого стану деревних видів рослин природно поширених на девастрованих землях залізорудного відвалу. *Охорона біорізноманіття та історико-культурної спадщини у ботанічних садах та дендропарках*: матеріали міжнародної наукової конференції присвяченої 225-річниці заснування Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України (28–30 вересня 2021 р., Умань). Умань, 2021. С. 24–29.

19. **Bielyk Y. V.**, Savosko V. M., Lykholat Y. V. Characteristics of the floristic core of tree and shrub species of plants naturally spread to technologically devastated lands (Kryvyi Rih). *Рослини та урбанізація*: Матеріали сьомої Міжнародної науково-практичної конференції «Рослини та урбанізація» (Дніпро, 1 лютого 2023 р). Дніпро, 2023. С. 12–14.