

ISMA INFORMĀCIJAS
ANNO 1994 SISTĒMU
MENEDŽMENTA
AUGSTSKOLA

**ISMA University
of Applied Sciences**



**Drohobych Ivan Franko State
Pedagogical University**

MODERN ASPECTS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN THE CONTEXT OF MODERNIZATION OF BIOLOGICAL AND NATURAL SCIENCE EDUCATION

Scientific monograph



2022

*Recommended for printing and distribution via Internet
by the Academic Council of Baltic Research Institute
of Transformation Economic Area Problems according
to the Minutes № 10 dated 25.10.2022*

Reviewers:

Romans Djakons, Professor, Dr.sc.ing., Academician, President of ISMA University of Applied Sciences;

Svitlana Voloshanska, Associate Professor, PhD in Biology, Senior Lecturer at the Department of Biology and Chemistry, Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University;

Svitlana Monastyrska, Associate Professor, PhD in Biology, Head of the Department of Biology and Chemistry, Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University;

Oksana Lupak, PhD in Agriculture, Senior Lecturer, Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University.

Modern aspects of scientific research in the context of modernization of biological and natural science education : Scientific monograph. Riga, Latvia : «Baltija Publishing», 2022. 288 p.

CONTENTS

SECTION 1. Features of the system of antioxidant protection of the plant organism (Bobrova M. S., Holodaieva O. A.).....	1
1. Features of the enzyme antioxidant system of the plant organism	2
2. Features of the system of low molecular weight antioxidants of the plant organism.....	6
SECTION 2. Synthesis, properties and screening of biological activity of 6,7-N-1,4-naphthoquinones and their heterocyclic derivatives (Buchkevych I. R., Kurka M. S.).....	16
1. Synthesis of 6,7-N-1,4-naphthoquinones and exploration reactivity of the amino group in the 2-, 6-, and 7-positions	18
2. Synthesis of condensed nitrogen-containing heterocycles of substituted 1,4-naphthoquinone	25
3. Prospects for the use of functionalized 6,7-N-1,4-naphthoquinones and their heterocyclic derivatives.....	28
SECTION 3. Biomass and primary production of European spruce stands in Ukrainian Carpathians (Vasylyshyn R. D., Lakyda I. P., Vasylyshyn O. M.)	40
1. Silvicultural and biometric characteristics of European spruce stands in Ukrainian Carpathians	42
2. Potential of biomass of mountain spruce forests.....	46
3. Information support for assessing net primary production of European spruce stands in Ukrainian Carpathians.....	53
SECTION 4. Environmental security as a component of national sustainability: worldview analysis (Demchuk L. I., Alpatova O. M., Maksymenko I. Yu.).....	63
1. Environmental safety – national stability of Ukraine.....	63
2. Analysis of literary sources on the research problem.....	68
3. Analysis of problem solving and task formulation for optimal development of environmental safety	70
SECTION 5. Barley is ardent: environmentalization and economic indicators of cultivation (Kovalenko O. A.)	77
1. Dynamics of spring barley growth and development processes depending on the studied factors.....	78
2. Elements of the crop structure and spring barley grain yield depending on the studied factors.....	88
3. Economic and energy assessment of the researched elements of spring barley growing technology	94
SECTION 6. Age- and gender-specific features of the cardiovascular system's adaptive capabilities in schoolchildren living in various conditions of environmental effect (Korzyhyk O. V., Dmytrotsa O. R., Morenko A. H.)	118
1. Contingent and research methods	120
2. Research results and their discussion	122
SECTION 7. Review of the modern theory and the methodology of the plant introduction (Krasovskyi V. V., Fedko R. M., Cherniak T. V.).....	129
1. The concept of the «plant introduction» in the modern science.....	130

2. The theory of the introduction of plants in the view of the development of science	134
3. Methods of the plant introduction	142
SECTION 8. The place of ecology in the Russian-Ukrainian war (Kuzbyt I. B., Konechna R. T.)	
1. Aspects of ecology in the conditions of the Russian-Ukrainian war of 2022 and their impact on the future	155
2. Prospects of green reconstruction of Ukraine	160
SECTION 9. UNESCO World Heritage sites in the Scandinavian countries: socio-geographic characteristics and realities of tourist use (Lushchuk M. V.)	
1. General characteristics of UNESCO sites in the Scandinavian countries	170
2. Characteristics of UNESCO objects in the Scandinavian countries	175
3. Objects of intangible heritage of Scandinavia	188
4. Inclusion of UNESCO sites of the Scandinavian countries in company tours	190
SECTION 10. Changes in the average monthly air temperature on the territory of Ukraine in the cold period of the year during 1991-2020 relative to the period 1961-1990 and the current state of the spread of ice deposits (Pyasetska S. I., Shcheglov O. A.)	
1. Comparison of fields of average monthly air temperature during the climatic norms of 1991-2020 relative to 1961-1990	202
2. Modern trends in the distribution of ice deposits on the territory of Ukraine during 1991-2020 relative to 1961-1990	206
SECTION 11. Effectiveness of the use of essential oils in the fight against antibiotic resistance (Reviakina N. A., Konechna R. T.)	
1. General information about essential oils and their production methods	222
2. Study of the antimicrobial action of the essential oil of <i>Ranunculus acris</i>	228
SECTION 12. Comprehensive assessment of the success of natural restoration in forest phytocenoses of the Left Bank Polissia of Ukraine (Skliar V. H., Sherstiuk M. Yu.)	
1. Methodology of comprehensive evaluation of the success of natural restoration	236
2. The results of a comprehensive assessment of the state of natural regeneration of the leading forest-forming species of the Left Bank Polissia of Ukraine	240
SECTION 13. Monitoring and retrospective analysis of the state of forests as a condition for the preservation and optimization of the forest fund of Ukraine (Yakuba M. S.)	
1. Theoretical principles of forest ecological monitoring	249
2. Background monitoring of the state of forest ecosystems of the Dnieper Steppe	251
3. Retrospective assessment of the state of the precipitation-litter block of biogeocenoses of the study area	259
4. Analysis of monitoring studies of the content and distribution of heavy metals in the biogeocenoses of Prysmar Dniprovskiy	264

зв'язків та фітоценотичних ареалів, засвідчують, що на теренах Лівобережного Полісся України для цього процесу характерним є прояв наступних ознак:

- невисока популяційна щільність підросту на низці ділянок відновлення;
- широка представленість дискретних вікових та неповних онтогенетичних спектрів, а також незавершеного онтогенезу та природного відновлення;
- спрощення розмірної структури когорт та неповнота розмірних спектрів;
- широка представленість депресивних або врівноважених когорт молодого покоління, що не вирізняються позитивною динамікою віталітетних параметрів за етапами відновлення;
- вузькі діапазони бальних характеристик екологічних чинників, які відповідають умовам, оптимальним щодо забезпечення успішного природного відновлення;
- часте неспівпадіння екологічних характеристик місцезростань, що є оптимальними та сприятливими для формування, росту і розвитку молодого покоління лісоутворювальних видів у межах певного ярусу лісу, а також екологічних характеристик місцезростань, що є оптимальними та сприятливими для забезпечення послідовного переходу особин з нижніх ярусів лісу у верхні;
- обмежена представленість угруповань, фітоценотичні умови яких є оптимальними для природного відновлення і, навпаки, значне поширення фітоценозів параметри яких абсолютно несприятливі, мало або відносно сприятливі для забезпечення даного процесу.

Наведені ознаки, опрацьовані на основі використання оригінальної методики комплексної оцінки успішності природного відновлення та узагальнені через розрахунок двох індексів (абсолютної успішності природного відновлення (IAS) та відносної успішності природного відновлення (IRS)), об'єктивно свідчать про ускладненість на теренах Лівобережного Полісся процесу природного відновлення як механізму забезпечення функціонування лісових фітоценозів. Це є і одним із результатів довготривалого та інтенсивного антропогенного втручання в ліси даного регіону, яке супроводжувалось суцільним врубанням лісів та наступним створенням тут лісових культур. У результаті лісовий покрив регіону на значних площах представлений чергуванням масивів одновікових лісових культур, здебільшого сформованих з одного виду, який визначений для даного регіону як той, «що має найбільшу господарську значущість». У лісах, штучних за походженням, не лише порушена природна змінюваність поколінь, а й послаблена ефективність

процесів внутрішньої саморегуляції, притаманних природним екосистемам. Протягом існування лісових культур ці процеси саморегуляції поступово відновлюються, однак, далеко не повністю, тому як функціонування багатьох фітоценозів, що знаходяться у системі господарського використання, здебільшого триває досить обмежений проміжок часу: від «посадки» до «вирубубання».

Незважаючи на зазначені складності та особливості протікання природного відновлення, у лісових фітоценозах Лівобережного Полісся України все ж таки мають місце явища та адаптаційні механізми, які формують підґрунтя для збереження та функціонування угруповань. До їх числа, зокрема, належать:

- прояв років та наявність деревостанів з високими кількісними та якісними параметрами репродукції;
- представленість на окремих ділянках відновлення когорт підросту із високою популяційною щільністю особин;
- формування у особин та когорт морфологічних адаптацій до умов місцезростань через реалізацію мінливості та пластичності;
- представленість у низці фітоценозів когорт із високою різноманітністю розмірної структури;
- наявність когорт з високим рівнем віталітету та позитивною динамікою віталітетних параметрів за етапами природного відновлення;
- індивідуальність змін стану особин та когорт, як за простими градієнтами провідних екологічних чинників, так і при спільному впливові цих чинників.

До числа фітоценозів, де досить успішним є як прояв зазначених адаптаційних процесів, так і природного відновлення загалом, що засвідчено і величинами узагальнюючих індексів IAS та IRS, зокрема, належать деякі з угруповань груп асоціацій *Pineta (sylvestris) hylocomiosa*, *Pineta (sylvestris) franguloso (alni) – vacciniosa (myrtilli)*, *Querceto (roboris) – Pineta (sylvestris) vacciniosa (myrtilli)*, *Acereto (platanoiditis) – Querceto (roboris) coryloso (avellanae) – aegopodiosa (podagrariae)*, *Acereto (platanoiditis) – Querceto (roboris) stellariosa (holosteae)*, *Querceto (roboris) convallariosa (majalis)*.

Для забезпечення функціонування лісових фітоценозів важливо те, що природне відновлення за своєю суттю є динамічним процесом. Зокрема, у міру росту та розвитку когорт відбувається і зміна їхньої вимогливості до еколого-ценотичних умов місцезростань. Крім того, природне відновлення набуває більшої ефективності за умови чітко вираженої мозаїчності середовища існування, яка супроводжується формуванням у складі лісових фітоценозів ділянок, еколого-ценотичні параметри яких найбільше відповідають вимогам даної категорії

молодого покоління. Загалом, за умови високої синхронізованості у часі процесу зміни вимогливості молодого покоління та процесу зміни екологічних ознак місцезростань, до яких тяжіє підріст, успішність природного відновлення збільшується, і, навпаки, за умови неузгодженості – відновлення гальмується. Формування розгорнутої системи мозаїк, сприятливих для природного відновлення, можливе у лісових екосистемах, яким притаманна не тільки динамічність, а й високий рівень внутрішньої впорядкованості та саморегуляції.

АНОТАЦІЯ

У рослинному покриві Землі лісам належить провідна роль як за зайнятою площею, так і за значенням. Важливою складовою функціонування лісових угруповань є природне відновлення. Воно є складним, довготривалим та багатоетапним процесом. У територіальному аспекті його вивчення є особливо актуальним для регіонів, в яких ліси відіграють провідну роль у формуванні природних комплексів та мають велике еколого-стабілізуюче, соціологічне та господарське значення. В Україні до числа таких територій належить як Полісся загалом, так і його Лівобережна частина, зокрема.

З врахуванням зазначеного на теренах Лівобережного Полісся були проведені дослідження, які мали на меті оцінити стан і з'ясувати особливості та закономірності природного насіннєвого відновлення провідних лісоутворювальних видів Лівобережного Полісся України – *Pinus sylvestris* L., *Quercus robur* L., *Acer platanoides* L., як механізму забезпечення збереження та функціонування лісових фітоценозів цього регіону. Вивченням були охоплені фітоценози 24 груп асоціацій, які репрезентують угруповання, що є типовими для регіону.

В роботі представлена методика, що базується по-перше, на диференціації фітоценотичних умов (за результатами комплексного популяційного аналізу) на декілька градацій за рівнем сприятливості для природного відновлення певного лісоутворювального виду; по-друге, на бальній оцінці (від 0 до 5) кожної градації. З опорою на ці градації та бальні показники розроблено два індекси: 1. Індекс абсолютної успішності природного відновлення (IAS); 2. Індекс відносної успішності природного відновлення (IRS), який має сім ступенів. За величинами запропонованих індексів здійснено порівняльну оцінку угруповань та визначено головні тенденції в реалізації лісами їхньої здатності до самопідтримання.

Проведений аналіз показав, що у лісах регіону досліджень природне відновлення провідних лісоутворювальних видів не вирізняється високим рівнем успішності. У межах фітоценотичних ареалів значення

IRS в основному не перевищують 0,64 і здебільшого відповідають IV – VII ступеням цього показника, що є об'єктивним свідченням ускладненості на теренах Лівобережного Полісся процесу природного відновлення як механізму забезпечення збереження та функціонування лісових фітоценозів. Незважаючи на наявні складнощі у лісових фітоценозах Лівобережного Полісся України все ж таки мають місце явища та адаптаційні механізми, які формують підґрунтя ефективного протікання природного відновлення, та у підсумку – задля забезпечення збереження та функціонування угруповань. До числа фітоценозів, де протікання природного відновлення є успішним, що засвідчено і величинами узагальнюючих індексів IAS та IRS, зокрема, належать деякі з угруповань груп асоціацій *Pineta (sylvestris) hylcomiosa*, *Pineta (sylvestris) franguloso (alni) – vacciniosa (myrtilli)*, *Querceto (roboris) – Pineta (sylvestris) vacciniosa (myrtilli)*, *Acereto (platanoiditis) – Querceto (roboris) coryloso (avellanae) – aegopodiosa (podagrariae)*, *Acereto (platanoiditis) – Querceto (roboris) stellariosa (holostea)*, *Querceto (roboris) convallariosa (majalis)*.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ситник К. М. Збереження та відтворення лісових багатств України. Укр. ботан. журн. 2003. 60, 1. С. 3 – 5.
2. Шеляг-Сосонко Ю. Р. Екологічне та соціальне значення лісів. *Менеджмент охоронних лісів України*. К.: Фитосоціоцентр, 2003. С. 10 – 23
3. Clements F. E. Plant succession and indicators. N.Y. : Hafner press, 1973. 453 p.
4. Ward J. S., Worthley T. E. Forest regeneration handbook. USA Forest N., E. Area. 2004. 44 p.

Information about the authors:

Skliar Viktoriia Hryhorivna,

Doctor of Biological Sciences,

Professor at the Department of ecology and botany

Sumy National Agrarian University

160, Herasyma Kondratieva str., Sumy, 40021, Ukraine

Sherstiuk Maryna Yuriivna,

Candidate of Biological Sciences,

Associate Professor at the Department of horticulture and forestry

Sumy National Agrarian University

160, Herasyma Kondratieva str., Sumy, 40021, Ukraine

МОНІТОРИНГ І РЕТРОСПЕКТИВНИЙ АНАЛІЗ СТАНУ ЛІСІВ, ЯК УМОВА ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ ЛІСОВОГО ФОНДУ УКРАЇНИ

Якуба М. С.

ВСТУП

Жодна країна у сучасному світі не може залишатись осторонь від питань захисту довкілля. Поточне десятиліття, за даними багатьох впливових вчених, є вирішальним періодом, коли ще можливі достатньо серйозні кроки, аби помітно зменшити деструктивний вплив людства на стан планети¹.

Однією з нагальних проблем сьогодення українського суспільства є оптимізація і обґрунтоване господарювання у сфері лісівництва. Особливо гостро постає задача лісорозведення у несприятливих кліматичних умовах степової зони України². Створення лісів та догляд за ними у степовій зоні повинні базуватися на вченні про єдність організмів і їх довкілля, лісорослинних умов і типів лісу та потребує комплексного географічного підходу, зумовленого значною різноманітністю природно-кліматичних умов степового регіону³. У зв'язку з цим Україна стала однією з 137 країн світу, які на міжнародній конференції ООН з клімату у Глазго у жовтні 2021 року підписали Декларацію COP26. Країни-підписанти взяли на себе зобов'язання до 2030 року зупинити процес втрати лісового покриву та розпочати його відновлення. У Декларації йде мова не про припинення вирубок лісу під час ведення лісового господарства, а про зупинення практик знеліснення – «deforestation»⁴. Україна, у контексті Декларації

¹ Екологічний моніторинг довкілля. Функціонування державної системи моніторингу довкілля. 2017. Офіційний сайт Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України. вилучено із <https://mepr.gov.ua/content/ekologichniy-monitoring-dovkillya.html>

² Якуба М.С., Горбань В.А. Історичні аспекти створення та особливості функціонування полезахисних насаджень степової зони України. *Питання степового лісознавства та лісової рекультивациі земель*. 2021. Вип. 50. С. 35-42. DOI:10.15421/442104

³ Чорна В.І., Доценко В.Л., Ворошилова Н.В. Еколого-біологічні особливості відновлення деревних рослин в умовах степового Придніпров'я. *Питання степового лісознавства та лісової рекультивациі земель*. 2020. Вип. 49. С. 101–111. DOI:10.154.21/442009

⁴ Vastaranta M., Saarinen N., Yrttimaa T., Kankare V. Monitoring forests in space and time using close-range sensing. 2020 (doi: 10.20944/preprints202002.0300.v1).

про користування лісами, заявила про готовність збільшувати площу своїх лісових угруповань. У рамках оновленого національно визначеного внеску до Паризької угоди в Україні було поставлено за мету збільшити частку заліснених територій⁵. Для цього, у рамках виконання програми Президента України, започаткували проект «Зелена країна» – ініціативу із заліснення, мета якої – висадити 1 мільярд нових дерев. Проект було запропоновано у червні 2021 року і згідно з його положеннями за 10 наступних років площу лісів в Україні планувалося збільшити на 1 мільйон гектарів.

Сучасний лісовий фонд України, до 24 лютого 2022 року, коли відбулося повномасштабне загарбницьке вторгнення в Україну російської федерації, налічував понад 10 мільйонів гектарів, які склали 15,9 % території держави⁶. Нажаль, до сьогодні ситуація щодо лісового фонду України значно погіршилася. За півроку військової російської агресії в Україні постраждало близько 3 млн. га лісів. Майже 200 тис. км² лісових площ потребують очищення через мінування та забруднення вибухонебезпечними та отруйними залишками. Але, попри складне фінансово-економічне та геополітичне становище країни, лісові господарства та наукові установи продовжують працювати і навіть в екстремальних умовах докладають максимальних зусиль для збереження лісів та відновлення ресурсів.

Наразі, до другого читання готується законопроект № 5650, що запровадить збереження самосійних лісів; використання нових фінансових механізмів для консервації земель та лісорозведення; заходи із запобігання розорювання пасовищ та сіножатей. Результати численних досліджень доводять, що успішне вирішення проблем створення у степовій зоні України стійких та довговічних лісових угруповань і підтримки їх життєдіяльності на високому рівні, потребує проведення поглиблених моніторингових досліджень існуючих лісів⁷. На території Степового Придніпров'я моніторингові дослідження лісів здійснюються регулярно з часів створення у 1968 році Комплексної експедиції з дослідження лісів степової зони України⁸.

⁵ Самосійні ліси захищені законом. Державне агентство лісових ресурсів України. 2022. Вилучено з <https://forest.gov.ua/news/samosijni-lisi-zahishcheni-zakonom>

⁶ Болоховець Ю. Навіщо Україні Державний Фонд лісового господарства. 2022. вилучено з <http://www.lesovod.org.ua>

⁷ Алексеев А.С. Мониторинг лесных экосистем: учебник. Ленинград, 2010. 249 с.

⁸ Горейко В.А. Биоценологические принципы создания искусственных лесных насаждений в степной зоне. *Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель*. 2018. Том 47. С. 29–39.

1. Теоретичні засади екологічного моніторингу лісів

Моніторингом довкілля або екологічним моніторингом називають комплексну науково-інформаційну систему регламентованих періодичних безперервних, довгострокових спостережень, оцінки і прогнозу змін стану природного середовища з метою виявлення негативних змін і надання рекомендацій з їх усунення або ослаблення⁹.

Моніторинг лісів є складовою частиною системи інформаційної підтримки управління лісами і являє собою систему регулярних спостережень, оцінки та аналізу інформації про стан лісів та прогнозування його змін з метою забезпечення інформаційно-аналітичної підтримки управління лісами¹⁰.

Моніторинг лісів повинен забезпечувати об'єктивне, регулярне, та своєчасне отримання інформації щодо динаміки стану лісових об'єктів та прогнозу розвитку ситуації¹¹. Національним законодавством та постановами Уряду (постанова Кабінету Міністрів України від 30.03.1998 р. № 391) в Україні передбачено створення державної системи моніторингу довкілля, в тому числі й моніторингу лісів¹².

Здійснення моніторингу лісів повинне забезпечувати:

- оперативність та якість первинних даних про екологічний стан лісів;
- підвищення рівня обґрунтування прийняття рішень з управління лісами;
- збільшення рівня адекватності між реальним екологічним станом лісів та його інформаційною моделлю;
- покращення якості інформації про стан лісів шляхом застосування сучасних методів дослідження, комп'ютерних програм та інформаційних технологій.

Серед завдань моніторингу лісів основними є такі¹³:

- інформаційно-аналітична підтримка рішень щодо управління лісами;

⁹ Коваленко Ю.Л. Моніторинг довкілля: конспект лекцій для студентів Харківського Нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О.М. Бекетова. Харків: ХНУМГШ ім. О.М. Бекетова, 2020. С. 4-5.

¹⁰ Букша І.Ф. Принципи побудови багаторівневої мережі ділянок моніторингу лісів України. *Лісівництво і агролісомеліорація* : зб. наук. праць. 2004. Вип. 107. С. 242-251.

¹¹ Навчальний посібник для вивчення дисципліни «Моніторинг довкілля» для студентів напрямку підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр», Полтава: Полтава НТУ, 2016. 117 с.

¹² <https://forest.gov.ua/monitoring-lisiv-ukrayini>

¹³ Тараканов В.И. Мониторинг лесных экосистем: учебное пособие, Воронеж: Воронежская государственная лесотехническая академия. 2006. С. 25-30.

– тривалі довгострокові систематичні спостереження за станом лісових екосистем України з метою отримання повної, об'єктивної та своєчасної інформації щодо його поточних змін;

– виявлення та оцінка факторів довкілля, що впливають на стан лісів, оцінка масштабів погіршення стану лісів, з'ясування причин і механізмів зміни стану лісів, визначення закономірностей їх сталого функціонування і прогнозування динаміки функціонування лісових екосистем.

Моніторинг є багаторівневою системою спостережень у якій виділяють два рівні: екстенсивний та інтенсивний. Призначення екстенсивного моніторингу полягає у отриманні інформації про часову та просторову динаміку стану лісів і визначенні територій, на яких відбуваються суттєві зміни стану лісів. Сутністю інтенсивного моніторингу є вивчення закономірностей динаміки стану лісів та виявлення головних факторів, що визначають стан лісів (оцінка причинно-наслідкових взаємозв'язків у системі «ліс – довкілля»)¹⁴.

Законом України, ст. 20, 22 „Про охорону навколишнього природного середовища» передбачено створення державної системи моніторингу довкілля та проведення спостережень за станом навколишнього природного середовища, рівнем його забруднення. Виконання цих функцій покладено на Мінприроди та інші центральні органи виконавчої влади, які є суб'єктами державної системи моніторингу довкілля, а також підприємства, установи та організації, діяльність яких призводить або може призвести до погіршення стану довкілля.

Основні принципи функціонування державної системи моніторингу довкілля визначені у постанови Кабінету Міністрів України від 30.03.1998 № 391 «Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля».

У сучасній державній системі моніторингу довкілля України функції і задачі спостережень та інформаційного забезпечення виконують вісім суб'єктів системи моніторингу: Мінприроди, Міністерство надзвичайних ситуацій, Міністерство охорони природи, Мінагрополітики, Мінжитлокомунгосп, Держводгосп, Держкомлісгосп, Держкомзем. Підприємства Держкомлісгоспу проводять моніторинг лісової рослинності у 24 областях країни. Регулярно здійснюється оцінка біомаси, пошкодження її біотичними та абіотичними чинниками, проводиться облік мисливської фауни, біорізноманіття, проводяться радіологічні визначення тощо.

¹⁴ Букша І.Ф., Пастернак В.П., Пивовар Т.С., Рекомендації щодо розбудови державної системи моніторингу лісів України. Харків: УкрНДЛГА, 2019. 35 с.

Залежно від призначення моніторинг ділять на такі види¹⁵:

– Загальний (стандартний) моніторинг довкілля – це оптимальні за кількістю параметрів спостереження в пунктах, об'єднаних в єдину інформаційно-технологічну мережу, що дають змогу на основі оцінки й прогнозування стану довкілля регулярно розробляти управлінські рішення на всіх рівнях.

– Оперативний (кризовий) моніторинг довкілля – це інтенсивні спостереження за природними об'єктами, джерелами техногенного впливу, розташованими у районах екологічної напруженості, у зонах аварій та природних явищ із шкідливими екологічними наслідками, з метою забезпечення своєчасного реагування на кризові та надзвичайні екологічні ситуації і прийняття рішень щодо їх ліквідації, створення нормальних умов для життєдіяльності населення та господарювання.

– Фоновий (науковий) моніторинг довкілля – це спеціальні високоточні спостереження за всіма складовими довкілля (характером, складом, особливостями колообігу та міграцією забруднюючих речовин, за реакцією організмів на забруднення на рівні окремих популяцій, екосистем і біосфери в цілому).

Фоновий моніторинг здійснюється в природних та біосферних заповідниках, на базових станціях та інших територіях, що охороняються. Одним з основних об'єктів фонового моніторингу виступає ліс, з урахуванням усіх його компонентів.

2. Фоновий моніторинг стану лісових екосистем Степового Придніпров'я

У якості моніторингових показників функціонального стану лісових екосистем використовується низка параметрів, які дають можливість надати детальну характеристику сучасного стану лісового угруповання, відстежити зміни, що відбулися у екосистемах впродовж певного відрізка часу та сформувані прогностичні перспективи розвитку та існування лісових угруповань у майбутньому¹⁶. Підбір таких діагностичних параметрів являє собою досить складну задачу і потребує проведення всебічних, комплексних, ретельних та пролонгованих в часі досліджень¹⁷.

Значна кількість даних, отриманих при здійсненні фонового моніторингу лісів степової України у період 2000–2021 рр. і

¹⁵Хаустов А., Редина М. Экологический мониторинг: 2-е изд., испр. и доп. Учебник для академического бакалаврата, Киев: Litres, 2019. – 542 с.

¹⁶ Моніторинг довкілля: підручник / за ред. проф. В.М. Боголюбова. Вид. 2-ге, переробл. і доповн. Київ: НУБіПУ, 2018. С. 20-47

¹⁷ Якуба М.С. Характер та амплітуда біологічного кругообігу органо-мінеральних речовин у штучних лісових біогеоценозах степу *Питання степового лісознавства та лісової рекультивції земель. Міжвуз. Зб. наук. праць*. Дніпро: РВВ ДНУ. 2003. Вип. 7 (32). С. 99-105.

розрахованих у роботі показників колообігів органо-мінеральних речовин та важких металів, а також наявність результатів подібних досліджень, проведених у попередні роки, починаючи з часів створення проф. О. Л. Бельгардом у 1968 році Комплексної експедиції з дослідження лісів степової зони України, дає можливість оцінити сучасний стан лісів Присамар'я Дніпровського й надати прогноз їх подальшого розвитку.

У ході проведення моніторингових досліджень було виявлено зміни функціональної організації лісових екосистем, що відбулися протягом останніх шести десятиріч, з'ясовано ступінь адаптації біогеоценозів до існування у степових умовах та прогнозовано тенденції їх подальшого розвитку.

Для проведення моніторингових досліджень та здійснення ретроспективного аналізу функціонального стану було обрано природні і штучні лісові біогеоценози Присамар'я Дніпровського та ділянки рекультивациі Західного Донбасу, у якості типового зонального біогеоценозу було обрано ділянку різнотравно-типчаково-ковилявого степу¹⁸.

Степова фонова екосистема. Ділянка різнотравно-кострицево-ковилявого степу (ПД 201) розташована на вершині вододільного плато між р. Самарою та балкою Сороковушкою із слабким схилом на 1,5° (Присамарський біосферний стаціонар, Дніпропетровська обл., Новомосковський р-н.) північно-східної експозиції. Тип лісорослинних умов – суглинок сухий (СГ₀ 1). Ґрунт – чорнозем звичайний, карбонатний, малогумусний, середньо-суглинистий на лесовидних суглинках. Ґрунтові води – на глибині 40 м. Скіпання з 46 см. За гранулометричним складом ґрунт важко-суглинистий. Аналіз водної витяжки свідчить про відсутність ґрунтового засолення. Сухий залишок дорівнює 0,02–0,15 %. Водопостачання атмосферне. Кількість гумусу у верхньому горизонті дорівнює 4,3 % і з глибиною зменшується. Випаровуваність у районі дослідження значно перевищує річну кількість опадів, локальний коефіцієнт зволоження – 0,6. Середня зольність степового калдану – 10,7%.

Лісові біогеоценози степу. Природна лісова рослинність зони справжніх степів України представлена в межах яружно-балкових систем та долин степових річок. Відомо, що природні біогеоценози – унікальні елементи геосистем, здатні до самовідновлення та самопідтримки, вони не потребують витрат на догляд та більш стійкі до хвороб та стихійних лих¹⁹, саме тому всебічне вивчення природних лісових біогеоценозів Присамар'я Дніпровського є доцільним при

¹⁸ Бельгард А.Л. Степное лесоведение. Москва: Лес. пром., 1971. 336 с.

¹⁹ Белова Н.А., Травлев А.П. Естественные леса и степные почвы. Днепропетровск: ДГУ, 1999. С. 48-62.

розробці теоретичних положень лісорозведення в степу та створення штучних лісових насаджень²⁰.

Діброви, розташовані на прирічкових схилах корінного берегу називають «пристін» та відносять до байрачних лісів²¹. Для дослідження вмісту та розподілу важких металів і органо-мінеральних речовин обрано пристінні ліси розташовані на схилі південно-західної експозиції.

Липово-ясенєва діброва на пристіні сухуватого типу зволоження (ПП 207 а) розташована у верхній третині схилу південної експозиції правого берега р. Самари з крутизною 7-8⁰. Вік діброви 70-80 років, зімкненість деревостану 0,6-0,7, висота – 9-16 м. Деревостан верхнього ярусу декілька зріджений. У чагарниковому підліску переважає *Corylus avellana*, *Euonymus verrucosa*, *E. Europaea* рідше зустрічається *Sambucus nigra*. Зімкненість чагарнику 0,2-0,4. Проективне покриття 20-25 %. Домінуючими трав'янистими рослинами є *Stellaria holosteoides*, *Galium aparine*. Підстилка суцільна, щільна, складена в залишками кори, гілок і листя, від ґрунту відокремлюється легко, двошарова, потужність – 2,3-2,7 см. Рівень ґрунтових вод 8-12 м. Ґрунт – чорнозем лісовий декарбонізований, середньогумусний на делювіальних лесовидних суглинках²².

Свіжа липово-ясенєва діброва на пристіні (ПП 207 в) розташована у середній третині схилу у 7-8⁰. Зімкненість деревостану 0,8-0,9. Вік насаджень 50-55 років. Висота дерев – 10-15 м, діаметр стовбурів – 15-50 см. У чагарниковому підліску *Sambucus nigra*, *Corylus avellana*. Зімкненість чагарникового ярусу – 0,4. Травостій зріджений: *Poa nemoralis*, *Stellaria holosteoides*, *Viola odorata* та інш. Загальне покриття 7 %. Ґрунтові води на глибині 6,0 – 6,5 м. Ґрунт – чорнозем лісовий, вилужений, середньолесивоватий, середньосуглинистий на делювіальних лесовидних відкладеннях, середньогумусний²³. Підстилка цільна, щільна, складається з двох горизонтів. Водопостачання атмосферно-ґрунтове²⁴.

Липово-ясенєва діброва центральної заплави (ПП 209) розташована в центральній частині заплави р. Самари. Вік насаджень 70-80 років. Зімкненість крони 0,8 – 0,9. Підстилка переважно з напіврозкладеного листя дуба та ясеня, двошарова, переривчаста, рихла, потужністю 3 см.

²⁰ Горейко В.О. Екологічне обґрунтування створення лісоаграрних комплексів у степовій зоні України: Монографія. Дніпро: Пороги, 2000. 315 с.

²¹ Бельгард А.Л. Степное лесоведение. Москва: Лес. пром., 1971. С. 24-96

²² Gorban V., Huslysty A., Kotovych O., Yakovenko V. Changes in physical and chemical Properties of calcic chernozem affected by Robinia pseudoacacia and Quercus robur plantings. *Ekologia (Bratislava)*. 2020. Vol. 39 (1). P. 27–44.

²³ Там само.

²⁴ Якуба М.С. Особливості лісової підстилки полезахисних насаджень Дніпропетровщини. Теоретичні та практичні питання аграрної науки: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (18 травня 2022 р. Дніпро) у 2 ч./за заг. ред. А.С. Кобця. Дніпро, 2022. С. 152-156.

Ґрунти заплавно-лучно-лісові, середньогумусові, середньовилужовані, суглинисті на аллювіальних відкладеннях²⁵. У гранулометричному складі превають дві фракції: дрібний пісок та мул. Лісо-лучний ґрунт багатий на гумус (4-9 %). Поверхневий горизонт ґрунтів центральної заплави представлений легкою глиною, супісок починається на глибині 200 – 210 см. Величина рН ґрунтового розчину 6,4-7,5, гідролітична кислотність 1,0-1,7 %. Ємність поглинання ґрунтів 41,7 мг-екв/100г ґрунту у верхньому гумусовому горизонті і зменшується з глибиною одночасно з поступовим зменшенням кількості гумусу. Зволоження атмосферно-ґрунтового²⁶. Ґрунтові води на глибині 4 м. У чагарниковому підліску *Sambucus nigra* L., *Corylus avellana* L., *Euonymus verrucosa* Scop., тощо. Травостій представлений лісовими видами: *Anthriscus silvestris* L.(Hoff), *Conium maculatum* L., *Stellaria media* L.(Vill.) та інші.

Сухуватий бір (ПП 211) розташований на другій піщаній терасі долини р. Самари, на вершині дюнної горбкуватості, являє собою типовий бір. Вік сосни 70-80 років. Зімкненість крон – 0,4. Ділянки із соснами що ростуть групами, чергуються з відкритими місцями, де панують ксерофільні злаки і піщане різнотрав'я. У трав'яному покриві *Agrostis tenuis* Sibth., *Dactylis glomerata* L., *Artemisia arenaria* L., *Melilotus offisinalis* (L.) Pall., *Helichrysum arenarium* L. та ін. Покриття під деревами 25-30 %, на галявинах – 65-70 %. Лісова підстилка тришарова, суцільна, пухка, труховидної структури. Потужність підстилки – 3,6 см.

Ґрунт – дерново-боровий, малогумусовий, середньовилужений, піщаний, слабозрозвинений на древньоаллювіальних відкладеннях²⁷. Грануло-метричний склад дерново-борових ґрунтів представлений зв'язаним піском, дрібнозернистим. Ґрунти арені бідні на гумус (0,4-2,7 %), мають кислу реакцію рН (5,8-6,4) і малу ємність поглинання (3,1-4,1 мг-екв/100 г ґрунту), незначну кількість поглинених основ (2,3-3,5 мг-екв/100 г ґрунту). Зволоження атмосферне²⁸. Ґрунтові води на глибині 3,5 м.

Свіжа субір (ПП 212) розташований у зниженні рельєфу на другій піщаній терасі р. Самари. У першому ярусі біогеоценозу *Pinus silvestris* L., у другому – *Quercus robur* L., *Betula pendula* Ronh.. У підліску – *Acer platanoides* L., *Tilia cordata* L., *Euonymus verrucosa* Scop. та ін. Вік сосни складає 60-70 років. Середня висота насадження – 30 м. Зімкненість першого ярусу – 0,3, з підліском – 0,6. Неоднорідність деревостану за щільністю крони створює парцелярну структуру біогеоценозу.

²⁵ Цветкова Н.Н. Особенности миграции органо-минеральных веществ и микроэлементов в лесных биогеоценозах степной Украины, Днепропетровск: ДГУ. 1992. С. 34-57.

²⁶ Грицан Ю.И., Зверковский В.Н. Эоклиматические условия и почвообразовательные процессы в лесных экосистемах степи. *Екологія та ноосферологія*. 2002. Т. 3. № 3-4. С. 45-51.

²⁷ Белова Н.А., Травлеев А.П. Естественные леса и степные почвы. Днепропетровск: ДГУ, 1999. С. 57-59.

²⁸ Там само, С. 62

Основними парцелями: є дубово-конвалійна, дубово-сосново-купенова, сосново-різнотравно-злакова. Біогеоценоз переважно насінного поновлення. Трав'яний покрив складається з *Polygonatum multi-florum* Scop., *Convallaria majalis* L. та ін. Загальне покриття – 35 %. Свіжа субір оточена березовим і осиковим колками у пониженнях, у підвищеннях – сосновим бором. Рівень ґрунтових вод – на глибині 1,4-1,6 м. Зволоження атмосферно-ґрунтового²⁹. Підстилка потужна, суцільна, з сухого листя і хвої, слабко диференційована на прошарки³⁰. Ґрунт – дерново-боровий супіщаний.

Штучно створені лісові екосистеми у більшості випадків менш стійкі, ніж первинні ландшафти тому, що природний механізм саморегуляції у них порушено³¹. Якщо порушення не носять надмежового характеру, то стабілізація біогеоценозу зводиться до досягнення показників колообігу, наближених до показників природного угруповання. Іноді порушення екосистем призводить до виникнення нових умов їх існування³². Так, ліс створений у степових умовах буде існувати лише за умов постійного накопичення та збереження вологості у ґрунті та захисту від степової рослинності³³. Тому, вирішуючи проблеми степового лісорозведення, значну увагу варто приділяти щорічному поглибленому дослідженню штучних лісів, які здатні змінювати степове середовище в бік покращання порівняно з фітокліматом відкритого степу³⁴.

Штучні ліси у районі дослідження представлені протиерозійними насадженнями різних типів у різних геоморфологічних умовах: на плакорі, пристіні та арені р. Самара, крім того, було досліджено штучні насадження зони рекультивації порушених земель Західного Донбасу.

Дубові насадження (ПД 224) з чагарниковим підліском створені на розораному вихідному плакорному різнотравно-кострицево-ковилевому

²⁹ Грицан Ю.І. Екологічні основи перетворюючого впливу лісової рослинності на степове середовище: монографія. Дніпро: ДНУ, 2000. С. 46.

³⁰ Цветкова Н.Н. Особенности миграции органо-минеральных веществ и микроэлементов в лесных биогеоценозах степной Украины, Днепропетровск: ДГУ. 1992. С. 62-64.

³¹ Генсірук С.А. Регіональне природокористування: навч. пос. Львів: Світ, 1992. 336 с.

³² Базилевич Н.И., Гребенщиков О.С., Тишков А.А. Географическая закономерность структуры и функционирования экосистем. Москва: Наука, 1986. С. 134-142.

³³ Мицик Л.П., Яковенко В.М., Лісовець О.І. Історичний аспект природоохоронного мислення та степового лісознавства. *Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель*. Том 48. 2019. С. 3-13. DOI: 10.15421/441901

³⁴ Іванько І.А., Кулік А.Ф. Оцінка адаптаційних можливостей аборигенних та адвентивних видів деревних рослин Дніпропетровщини. *Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель: Зб. наук. праць*, 2021. Том 50. С. 12-21. DOI 10.15421/442102

степу з нахилом північної експозиції (2-4°) за три кілометри від с. Всесвятське Новомосковського р-ну Дніпропетровської області. Вік насаджень 65 років. Зімкненість деревостану 0,5–0,9. Середня висота дерев 12 м. Ґрунт – чорнозем лісопокрашений суглинний, середньовилужений, середньо-гумусний, слабозмитий на лесах³⁵. Зволоження – атмосферне. Ґрунтові води – на глибині 40 м. Тип садіння рядовий. Відстань у рядах 0,75 м, між рядами – 1,5 м. У чагарниковому підліску – *Acer tataricum* L. та рідше *Euonymus europaea* L. Ряди *Quercus robur* L. чергуються з рядами чагарників.

Насадження білої акації на пристіні сухуватого типу зволоження (ПД 202 а) розташоване у верхній третині схилу південної експозиції правого корінного берега р. Самара в 3 км. від с. Андріївка Новомосковського р-ну Дніпропетровської обл. Вік насаджень 64 роки. Зімкненість крон 0,6. У трав'яному покриві превалюють степові, лучні та бур'янисто-польові види: *Marrubium praecox* Janka., *Hierochloe odorata* (L.) Beauv. *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Artemisia scoparia* Waldst. et kit та інші. Покриття 65 %. Підстилка з напіврозкладеного та розкладеного листя та плодів акації, а також залишків трав'янистого покриву. Ґрунт – чорнозем лісопокрашений, карбонатний, малогумусний, середньосуглинний, сильнозмитий на червоно-бурій глині³⁶. Ґрунтові води на глибині близько 17 м, зволоження атмосферне.

Насадження білої акації свіжуватого типу зволоження (ПП 202 б) розташоване в нижній третині схилу південної експозиції правого берега р. Самари. Крутизна схилу 12-15°. Зімкненість деревних крон – 0,8. Ґрунт – чорнозем лісопокрашений, супіщаний, на делювіальних відкладеннях, середньогумусовий, вилужений, середньосуглинний³⁷. Травостій представлений здебільшого коротковегетуючими багаторічниками та однорічниками, має плямистозарослеву структуру. Підстилка з листя різного ступеня розкладеності, плодів *Robinia pseudoacacia* L. і залишків трав'янистих рослин.

Вихідний тип садіння для білоакацієвих насаджень обох типів зволоження – рядові культури білої акації та ясену звичайного з подеревним змішуванням у ряду через 0,5 м. Через три роки після садіння, повне вимирання ясеня звичайного привело до панування у насадженнях білої акації.

Білоакацієва лісосмуга (ПП 201 а) водорегулюючого та ґрунтозахисного характеру орієнтована за рельєфом. Посадка рядова. Висота деревостану 8-15 м, середній діаметр стовбурів – 13 см. Ділянка розташована на вершині вододільного плато, між р. Самарою та балкою

³⁵ Белова Н.А., Травлев А.П. Естественные леса и степные почвы. Днепропетровск: ДГУ, 1999. С. 27-29.

³⁶ Там само, С. 42-44.

³⁷ Белова Н.А., Травлев А.П. Естественные леса и степные почвы. Днепропетровск: ДГУ, 1999., С. 51-52

Сороковушкою. Зволоження атмосферно-транзитне. Глибина залягання ґрунтових вод більше 40 м. Ґрунт – чорнозем звичайний, слабовилужений, карбонатний, середньосуглинистий на лесоподібних суглинках, середньогумусний³⁸. Основна деревна порода *Robinia pseudoacacia* L., у підліску: *Sambucus nigra* L., *S. rasemosa* L., *Ribes nigrum* L., *Swida alba* (L.) Opiz та ін. Зімкненість крон – 0,5-0,6. У травостой панують злаки; *Koeleria glauca* (Spreng.) DC., *Festuca sulcata* (Hak.) Nym p.p., з різнотрав'я присутні: *Artemisia austriaca* Jacq., *Achillea millefolium* L., *Linum lanuginosum* Juz. та ін. Підстилка складена рослинними залишками трав'янистих видів, білої акації та чагарників.

Білоакацієві насадження зони рекультивациі порушених земель Західного Донбасу. Район дослідження охоплює території західного сектору Великого Донбасу (Західного Донбасу), розташований у південно-східній частині України і простирається у межах Дніпропетровської та Полтавської областей. Загальна площа Західного Донбасу складає близько 6 тис. км². Західний Донбас – великий сучасний регіон видобутку кам'яного вугілля³⁹. Інтенсивні темпи його господарського освоєння супроводжуються осіданням та затопленням значних територій заплави р. Самари Дніпровської та її приток. Формування техногенних ландшафтів на землях, порушених вугільною промисловістю зумовлене інтенсивним відвалоутворенням. Шахтні породи, що утворюються в процесі діяльності вугільновидобуваної промисловості мають негативні фізико-кліматичні властивості і вкрай низьку лісопридатність⁴⁰. Для відновлення господарського потенціалу земель техноландшафту застосовують різні види меліорації, найефективнішою серед них є лісова меліорація⁴¹.

Для успішної фітолісомеліорації природних відвалів необхідна штучна регенерація ґрунтового покриву. Оптимальним засобом поліпшення відвалів є землювання⁴². Під час науково-дослідних робіт з лісової рекультивациі відвалів Західного Донбасу в 1975 році Комплексною експедицією з дослідження лісів були розроблені та виконані у виробничих умовах конструкції насипних ґрунтів. Ділянки рекультивациі розташовані на правому березі р. Самари в зоні шахтних

³⁸ Там само, С. 26-27.

³⁹ Зверковский В.Н. Участки лесной рекультивации на нарушенных землях Западного Донбасса. *Мониторинговые исследования биогеоценотических катен степной зоны*. Д.: ДГУ, 1995. С. 104 – 110.

⁴⁰ Зверковский В.Н. Особенности развития лесных насаждений в многолетнем эксперименте по рекультивации отвала шахты «Павлоградская». *Питання степового лісозводства та лісової рекультивациі земель: Зб. наук. праць*, 2002. Вип. 6 (31). С. 21-31.

⁴¹ Смирнова С.М. Меліоративне ґрунтознавство: методичні вказівки для студентів спеціальності «Геодезія і землеустрій», Миколаїв: Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2020. С. 24-37.

⁴² Лісові меліорації: підруч./за ред. В.Ю. Юхновського. Київ: Аграрна освіта, 2010. С. 57-63.

виробок на відстані 5 км від м. Павлоград, на північному сході Дніпропетровської обл. За положенням у рельєфі вони можуть порівнюватись з пристінними біотопами. Ділянка лісової рекультивації № 1 розташована на відвалі шахти «Павлоградська» (площа 3,2 га) має прямокутну форму, розміри $157 \times 200 \text{ м}^2$. Нахил $1,5^\circ$ до північного сходу. На ділянці створено п'ять варіантів штучного едафотопу з розмірами $157 \times 40 \text{ м}^2$ та різною потужністю насипки зверху фундаменту з шахтних порід. Варіанти насипок (зверху вниз, в метрах): I – шахтна порода (20); II – лесовидний суглинок (0,4–0,6), пісок (0,4–0,6), шахтна порода (1,0); III – чорнозем (0,4–0,6); пісок (0,4–0,6); шахтна порода (1,0); IV – чорнозем (0,4–0,6), пісок (0,9–1,1), лесовидний суглинок (0,4–0,6); V – чорнозем (0,4–0,6), пісок (0,4–0,6); лесовидний суглинок (0,9–1,1). Тип лісорослинних умов насаджень варіантів з насипкою із лесоподібного суглинка та чорнозему звичайного – сухий лесоподібний суглинок. Тип світлової структури – напівосвітлений, світловий стан нормальний, другого вікового ступеня розвитку.

У квітні 1976 року на варіантах ділянок висадили 15 деревних порід та чагарників, у тому числі акацію білу. Відстані між рядами становили 2,5 м, між саджанцями – 1,5 м. Формування насаджень на початкових стадіях відбувалося за типом штучних біолоакаційових насаджень на чорноземі звичайному степової зони України⁴³. На I варіанті насипки з 20 м шаром чистої шахтної породи у перші роки після висаджування рослини загинули. На варіантах з насипкою з лесовидного суглинка та чорнозему зафіксовано високу життєвість білої акації.

Предметом моніторингових досліджень обраних екосистем виступали вміст і закономірності розповсюдження важких металів та органо-мінеральних речовин, у системі фітоценоз-підстилка-грунт лісових біогеоценозів. У роботі застосовано класичні геоботанічні методи польових досліджень та загальноприйняті методики лабораторних аналізів ґрунтів, рослин, опаду та підстилки⁴⁴. Вміст важких металів визначався атомно-абсорбційним та емісійним спектральними методами⁴⁵. Обробка результатів здійснювалася статистичними методами з використанням комп'ютерної програми Statistica 5.0⁴⁶.

⁴³ Єстеревська Л.В. Рекультивація земель. Київ: Урожай, 1977. 125 с.

⁴⁴ Степанов Л.М. Методология биондикации и фоновый мониторинг экосистем суши. Экотоксикология и охрана природы, Москва: Наука. 1988. С. 28–108.

⁴⁵ Обухов А.И., Плеханова И.О. Атомно-абсорбционный анализ в почвенно-биологических исследованиях, Москва: МГУ. 1991. 184 с.

⁴⁶ Рокитский П.В. Биологическая статистика, Минск: Выш. шк., 1973. 197 с.

3. Ретроспективна оцінка стану опадо-підстилкового блоку біогеоценозів району дослідження

Порівняння запасів опаду у природних біогеоценозах Присамар'я Дніпровського (Рис.1), визначених у різні роки дослідниками Комплексної експедиції ДНУ з даними за 2020-2021 рр. свідчать про різке підвищення цих показників у аренних біогеоценозах (з 36,7 до 83,2 ц/га у сухому бору та з 40,2 до 107,8 ц/га у свіжому суборі) та липо-ясеневій діброві на пристіні (з 49,7 до 69,9 ц/га) у період з 1964-1968 рр. по 1980 рік, потім, впродовж подальшого періоду спостереження до 2021 року включно у цих біогеоценозах відбувалося поступове зниження запасів опаду у 2-5 разів.

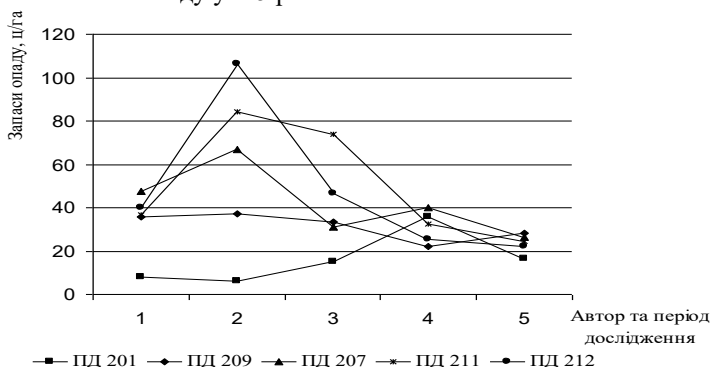


Рис. 1 Моніторингові дослідження запасів опаду у природних біогеоценозах Присамар'я Дніпровського. Дані: 1– А. О. Дубини (1964 – 1968); 2 – Н. Н. Носовської (1980); 3 – Н. М. Цветкової (1992); 4 – А. Ф. Кулік (1996 – 2000); 5 – М. С. Якуби (2020 – 2021)

У заплавної липово-ясеневій діброві різких коливань кількості опаду не спостерігалось, що пояснюється більш сприятливими для лісової екосистеми лісорослинними умовами, кліматичними показниками та багатим видовим складом цього угруповання. На степовій ділянці відмічено зростання кількості опаду з 1992 по 2000 рік (з 15,0 до 35,7 ц/га). Це явище співпадає з припиненням випасання рогатої худоби на території дослідження та відсутністю у ці роки пожеж, які є обов'язковою умовою існування степів⁴⁷. До 2000 року відбулося часткове відновлення антропогенного використання степової екосистеми (випасання худоби, викошування тощо), що сприяло

⁴⁷ Круговорот веществ в природе и его изменение хозяйственной деятельностью человека. Москва, 1980. 272 с.

зниженню маси опаду та поверненню біогеоценозу до 2021 року до вихідного стану. У досліджених лісових ценозах Присамар'я Дніпровського виявлено, що кількість листяного опаду залежить від умов довкілля і зменшується зі збільшенням віку екосистем.

Кількість підстилки у природних біогеоценозах з 1964 до 2021 рр. змінювалася залежно від стану екосистем та погодних умов у роки спостереження (рис. 2). Запаси підстилки у 2004–2021 рр. у природних лісах коливалися в межах 148,0–335,4 ц/га. У степовій екосистемі, не зважаючи на значні коливання кількості опаду, що надходив, запаси підстилки у період спостереження залишалися відносно однаковими, що свідчить про стабільний розвиток типової екосистеми степової зони та її здатність протистояти впливу негативних факторів шляхом активізації внутрішніх механізмів стабілізації функціонального стану. У 2020 році було відмічено зростання запасів підстилки у заплавної липово-ясеневій діброві (з 188,0 до 237,0 ц/га) та у свіжуватому субіру (з 278,0 до 335,4 ц/га), порівняно з вимірюванням Кулік А.Ф. (1996–2000)⁴⁸, у інших лісових екосистемах кількість підстилки знизилася.

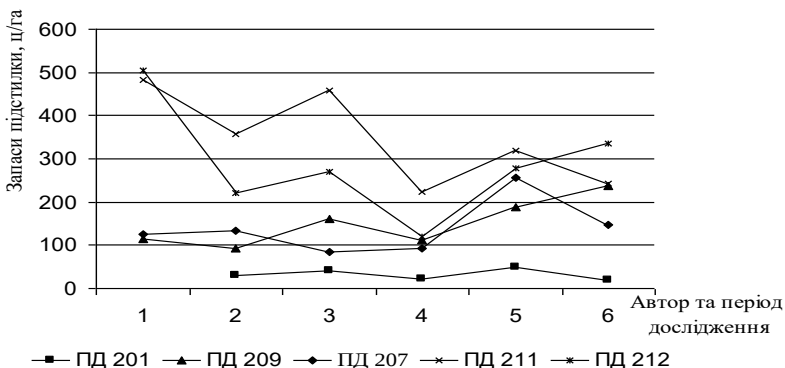


Рис. 2 Моніторингові дослідження запасів підстилки у природних біогеоценозах Присамар'я Дніпровського. Дані: 1 – А. О. Дубини (1964 – 1968); 2. А. П. Травлєєв (1979); 3 – Н. Н. Носовської (1980); 4 – Н. М. Цветкової (1992); 5 – А. Ф. Кулік (1996 – 2000); 6. – М. С. Якуби (2020 – 2021)

⁴⁸ Кулик А.Ф. Энергомассообмен как показатель устойчивости лесных биогеоценозов *Вопросы степного лесоведения и лесной рекультивации земель*, Дніпро: ДГУ, 1998. С. 75-77.

Потужність підстилки у сухому бору у червні 1972 року не відрізнялася від даних 2021 року, а у свіжій суборі вона зменшилася за цей періоду середньому на 1,5 см, що на нашу думку пояснюється віковими змінами у біогеоценозі, а саме, зниженням кількості опадаючих щорічно органів рослин з віком. З досліджень процесів накопичення, гуміфікації та мінералізації підстилки у різних типах лісу степової зони, проведених у 1975 році відомо, що відсоток убування підстилки у природних лісах Присамар'я з квітня по жовтень коливався від 10,2 у бору до 55,9 % у липово-ясеневій діброві заплави, що свідчить про інтенсифікацію деструкційних процесів у сосновому бору. Темпи мінералізації підстилки липово-ясеневій діброві у заплаві впродовж періоду дослідження не змінилися.

Відомо, що накопичення хвої у степових борах залежить здебільшого від вологозабезпеченості, і майже не залежить від ступеню освітленості⁴⁹. У сформованих насадженнях відхилення у запасах хвої від оптимальних значень можливі лише в періоди підвищеного зволоження, що може привести до послаблення деревостану у посушливі роки⁵⁰.

Індекси інтенсивності колообігів органо-мінеральних речовин (ОПК)⁵¹ досліджуваної степової цілини (Рис. 3) з 1980 по 2021 рік коливалися від 0,4 до 1,3 (тип колообігу – інтенсивний, бал 7–8). Для аренних біогеоценозів станом на 2020 рік відмічене збільшення ОПК, що свідчить про гальмування кругообігів органо-мінеральних речовин та розвиток екосистем за лісовим типом (тип колообігу – дуже загальмований, бал 4–5). У липово-ясеневих дібровах пристіну та заплави відмічено зниження ОПК – інтенсифікація колообігів речовин порівняно з даними за 1996–2000 роки. Водночас, гальмування міграції речовин (збільшення ОПК) у останні декілька років свідчить про відносно стабільний розвиток липово-ясеневих екосистем за лісовим типом⁵². Порівняння даних щодо особливостей формування підстилки на ділянках лісової рекультивації Західного Донбасу з даними

⁴⁹ Ковалевский С.Б. Динамика лесового опаду и подстилки в сосновых насаждениях в условиях свежего бору. *Наук. вісник Національного аграрного університету*. Київ, 2001, № 3, С. 127-132.

⁵⁰ Чорнобай Ю.М. Трансформація рослинного детриту в природних екосистемах, Львів: Вид-во ДПМ НАН України. 2000. 352 с.

⁵¹ Родин Л.Е., Ремезов Н.П., Базилевич Н.И. Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах, Ленинград: Наука, 1968. 144 с.

⁵² Базилевич Н.И., Родин Л.Е. Продуктивность и круговорот элементов в естественных и культурных фитоценозах. *Биологическая продуктивность и круговорот химических элементов в растительных сообществах*: монографія Ленинград, 1971. С. 5-32.

Н. М. Носовської⁵³ дало можливість здійснення ретроспективного аналізу сучасного стану білоакацієвих насаджень Західного Донбасу і прогнозувати їх розвиток.

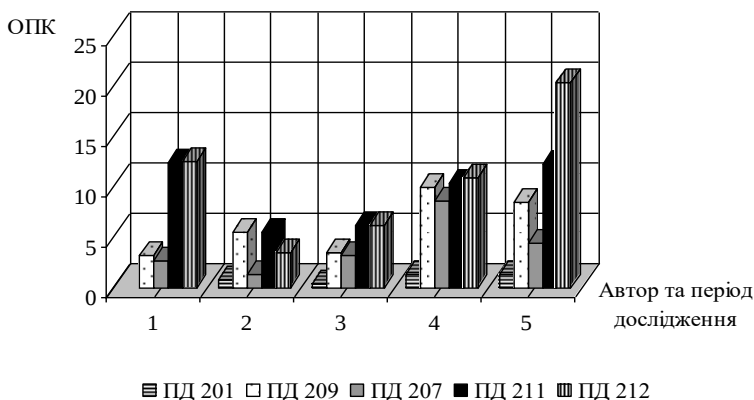


Рис. 3 Моніторингові дослідження інтенсивності колообігів органо-мінеральних речовин природних біогеоценозів Присамар'я Дніпровського. Дані: 1– А. О. Дубини (1964 – 1968); 2 – Н. Н. Носовської (1980); 3 – Н. М. Цвєткової (1992); 4 – А. Ф. Кулік (1996 – 2000); 5 – М. С. Якуби (2020 – 2021)

Потужність підстилкового шару у білоакацієвих насадженнях на варіантах насипних ґрунтів з 1979 по 2021 р збільшилася і дорівнювала близько 3,5 см (2021 р.) порівняно з 1,8 см (1979 р) у насадженнях на III, IV та V варіантах ґрунтів, що є показником доброго стану штучних лісових екосистем, що розвиваються за лісовим типом. У насадженні на II варіанті і у 1979 і у 2021 роках потужність майже не змінилася і дорівнювала близько 1,5 см, цей факт пояснюється складними лісорослинними умовами та недосконалістю створеного ґрунтового покриву на варіанті II, де у складі відсутній шар чорнозему.

Порівняння запасів опаду білоакацієвих насаджень на II–V варіантах насипних ґрунтів свідчать про зниження його кількості впродовж дослідного періоду. Виключення з цієї закономірності спостерігалося у насадженні на насипному ґрунті варіанту II, де цей показник підвищився

⁵³ Носовская Н.М. Формирование мёртвого покрова на участках лесной рекультивации Западного Донбасса. *Вопр. степного лесоведения, биогео-ценологии и охраны природы*. Сб. научн. тр., Днепропетровск: ДГУ. 1979. С. 44-53.

за рахунок інтенсивного надходження з опадом гілок та кори. Водночас, зі зниженням запасів підстилки в усіх насадженнях, що свідчить про підвищення у останні роки швидкості мінералізації опадів, у 2020 році спостерігався перебіг колообігу за лісовим загальмованим типом (ОПК= $4,30 \pm 0,6 - 4,49 \pm 0,4$, бал 6), причому аналогічна картина була відмічена і для насаджень білої акації на фоновій території Присамар'я Дніпровського⁵⁴.

У період 2005–2021 рр. запаси опадів у екосистемах майже зрівнялися і відносно попередніх років збільшилися у насадженні на II варіанті насипного ґрунту, на інших варіантах – зменшилися (межі коливань запасів опадів становили 26,5–30,2 ц/га). Кількість підстилки в усіх насадженнях з 1985 року по теперішній час знизилася. Впродовж усього терміну дослідження запаси підстилки були мінімальними на II варіанті, де відмічено поступове збільшення цього показника до 164,8 ц/га. У період 2005–2021 рр. значні запаси підстилки, були зафіксовані на IV та V варіантах (182,4 та 188,5 ц/га відповідно), що є ознакою гарного функціонального стану білоакацієвих насаджень створених на насипних ґрунтах з прошарком лесовидного суглинку та шару чорнозему.

Індекси інтенсивності колообігу органо-мінеральних речовин (ОПК) у біогеоценозах на III -V варіантах штучних ґрунтів збільшувалися з 1985 року по теперішній час і демонстрували перебіги колообігів загальмованого типу, що є доказом поступової адаптації насипних ґрунтів рослинністю та стабільного розвитку білоакацієвих насаджень у напрямку сільватизації. Інтенсифікація колообігу органо-мінеральних речовин у насадженні на II варіанті штучних ґрунтів свідчить про зміщення процесів трансформації у бік остепніння і може привести до значних негативних змін у стані біогеоценозу в майбутньому.

Співставлення характеристик штучних лісових біогеоценозів Присамар'я Дніпровського (Табл. 1) отриманих А.Ф. Кулік (1996–1999 рр.) та показників, отриманих у 2020 р. демонструє зниження кількості підстилки у досліджених насадженнях та опадів у насадженні акації сухуватого типу зволоження.

⁵⁴ Якуба М.С. Моніторингові дослідження розподілу важких металів у лісових біогеоценозах Присамар'я Дніпровського (фітоценоз-підстилка-ґрунт): дис....канд. біол. наук: 03.00.16.Дніпропетровськ, 2006. 202 с.

Таблиця 1

**Порівняння характеристик штучних лісових біогеоценозів
Присмар'я Дніпровського**

Біогеоценоз		Підстилка, ц/га		Опад, ц/га		Індекс інтенсивності колообігу		Тип колообігу, бал	
		1*	2	1	2	1	2	1	2
Дубове насадження на плакорі		310,0±6,9	252,3±30,1	44,0±1,4	73,4±7,71	7,04±1,3	4,04±0,80	Дуже загальмований ба	Загальмований, бал 6
Насадження білої акації на пристіні	Сухуватого типу	242,0±13,2	145,8±17,3	46,2±1,2	30,7±2,35	5,26±0,9	3,72±0,70	Загальмований, бал 6	Загальмований, бал 6
	Свіжуватого типу	271,0±12,4	221,3±27,8	32,0±7,6	37,2±5,1	8,47±2,0	4,38±0,5	Дуже загальмований, бал 5	Загальмований, бал 6

* – дані отримані А.Ф. Кулік у період 1996 – 1999 роках; 2 – дані за 2020-2021 рр.

Кількість опадів у дубовому насадженні за період порівняння величин збільшилася від 44,0±1,4 до 73,4±7,7 ц/га; у насадженні акації на пристіні свіжуватого типу зволоження – з 32,0±7,6 до 37,2±5,1 ц/га. ОПК штучних лісів характеризували колообіги органіко-мінеральних речовин як загальмовані (бал 6). Вищезазначені зміни зумовлюють потребу посилення контролю за станом насаджень та застосування заходів підтримки функціонального стану штучних екосистем в умовах степової зони на належному рівні⁵⁵.

4. Аналіз моніторингових досліджень вмісту та розподілу важких металів у біогеоценозах Присмар'я Дніпровського

Для з'ясування процесів змін у мікроелементному складі ґрунтів лісових біогеоценозів Присмар'я Дніпровського в період 1980–2021 роки було порівняно валовий вміст Ni, Mn, Cu та Pb у шарі ґрунту

⁵⁵ Родин Л.Е., Базилевич Н.И. Динамика органического вещества и биологический круговорот в основных типах растительности, Москва-Ленинград: Наука, 1965. 168 с.

0–50 см та ґрунтоутворюючій породі. Отримані дані (Табл. 2) демонструють часову динаміку вмісту важких металів.

Таблиця 2

Динаміка вмісту важких металів у корененасиченому шарі ґрунту (0–50 см), породі та $K_{стп}$ біогеоценозів Присамар'я Дніпровського

Важкий метал		Різотравно-типчакowo-ковилевий степ		Сухий бір на арені		Пристінна липовo-ясенева діброва		Дубове насадження на плакорі		Заплавна липовo-ясенева діброва	
		1980	2020	1980	2020	1980	2020	1980	2020	1980	2020
Mn	Ґрунт	535,0	507,0	102,0	122,4	880,0	887,5	753,0	537,2	891,2	894,8
	порода	237,7	198,0	53,0	102,2	676,9	507,8	358,6	102,2	385,7	330,5
	$K_{стп}$	2,3	2,6	1,9	1,2	1,3	1,7	2,1	5,2	3,1	2,7
Cu	Ґрунт	7,5	8,4	14,0	0,6	11,0	5,9	10,0	9,6	31,0	6,32
	порода	3,9	6,6	20,0	0,8	5,94	2,8	7,1	6,6	10,3	3,64
	$K_{стп}$	1,9	1,3	0,7	0,8	1,9	2,1	1,4	1,5	3,0	1,74
Ni	Ґрунт	36,0	37,7	22,0	9,2	46,0	32,0	58,0	44,5	34,0	35,9
	порода	27,1	30,3	24,4	9,5	25,5	14,7	36,2	24,3	22,7	23,9
	$K_{стп}$	1,3	1,3	0,9	1,0	1,80	2,2	1,6	1,8	1,5	1,5
Pb	Ґрунт	3,2	13,9	1,7	3,1	3,0	2,6	3,3	41,3	3,21	6,50
	порода	2,1	6,0	1,4	2,9	5,0	7,4	2,2	29,1	1,60	2,36
	$K_{стп}$	1,5	2,3	1,2	1,1	0,6	0,4	1,5	1,4	2,0	2,75

Виявлено, що за дослідний період вміст Mn у корененасиченому шарі ґрунту екосистем змінився неістотно, максимальне зменшення відмічено у дубовому насадженні. У цьому біогеоценозі спостерігається одночасне убування кількості Mn і у ґрунтовій породі, що вірогідно пов'язане з підвищеним віковим попитом дубу звичайного та закріпленням значного резерву Mn у фітомасі стиглого дубового насадження. Вміст Cu у лісових екосистемах зменшився і у шарі ґрунту 0–50 см (у 1,36–23,3 рази) і у ґрунтовій породі. Істотне зниження вмісту Ni (більше ніж у два рази) відмічене у ґрунті сухого бору, у інших біогеоценозах спостерігаються незначні коливання цього показника. Кількість Pb у поверхневому шарі ґрунту досліджуваних екосистем збільшилася у 1,8–12,5 разів, виключення становив ґрунт пристінної липово-ясеневої діброви, де цей показник став нижчим у 0,86 рази.

Розбіжності кількості важких металів у ґрунтових породах при порівняння результатів досліджень 1980 та 2020 років пояснюються впливом на їх хімічний склад деревної та трав'янистої рослинності біогеоценозів і значною географічною та просторовою мінливістю⁵⁶.

⁵⁶ Снакин В.В. Биогенный круговорот химических элементов и подходы к его изучению. *Биогеохимический круговорот веществ в биосфере*, Москва: Наука. 1987. С. 50–55.

Відомо, що корені дуба звичайного, берези бородавчастої та сосни звичайної в степових умовах можуть проникати углиб, з метою використання води та розчинених у ній поживних речовин та елементів, більше ніж на 6,0; 4,2 та 4,0 м, корені трав'янистих рослин – глибше двох метрів⁵⁷.

З літературних джерел відомо, що ґрунтові породи можуть різнитися за вмістом Cu у 34–68, Zn – у 25–175, Mn – у 20 разів. Варіювання концентрацій елементів у ґрунтах у межах ґрунтово-кліматичної зони може досягати 60 %⁵⁸.

Коефіцієнти співвідношення Mn та Ni у системі ґрунт-порода ($K_{\text{сп}}$) у досліджених біогеоценозах за останні 40 років у більшості випадків підвищилися, що є свідченням значної ролі фітоценозів у покращенні мікроелементного складу ґрунту шляхом переміщення та накопичення необхідних у фізіологічних процесах хімічних елементів у верхніх шарах ґрунту⁵⁹. Зменшення $K_{\text{сп}}$ зафіксоване для Mn у сухому бору на арені та у заплавної липово-ясеневій діброві. Найстабільнішими показниками $K_{\text{сп}}$ у досліджуваних біогеоценозах характеризувався Ni.

Співвідношення вмісту Cu у ґрунті та у ґрунтовій породі як правило зазнало неістотних змін у часі, максимально змінився показник $K_{\text{сп}}$ у заплавної липово-ясеневій діброві. Незначне зменшення $K_{\text{сп}}$, Pb у лісових екосистемах пояснюється пасивним поглинанням елементу коренями рослин з причини неактивної участі його у фізіологічних процесах⁶⁰.

З метою з'ясування змін мікроелементного складу ґрунтів впродовж існування білоакацієвих насаджень на різних варіантах насипних ґрунтів було проведене порівняння умісту Mn, Ni та Cu у 1990 році у ґрунті (вік насадження 14 років) з їх теперішнім умістом (2020 рік, вік насадження – 60 років). За дослідний період вміст Mn, Ni та Cu у корененасиченому шарі насипних ґрунтів здебільшого зменшився (Табл. 3). Виключення становив вміст Ni, кількість якого підвищилася на II варіанті насадження у 1,73 разів.

⁵⁷ Ильин В.Б. Тяжёлые металлы в системе почва-растение. Новосибирск: Наука. Сиб. отд., 1991. 151 с.

⁵⁸ Жовинский Э.Я., Кураева И.В. Геохимия тяжёлых металлов в почвах Украины. Київ: Наук. Думка, 2002. 25-39 с.

⁵⁹ Юхновський В.Ю., Дударець С.М., Малюга В.М. Агролісомеліорація, Київ: Кондор, 2012. 372 с.

⁶⁰ Кураева И. В. Формы нахождения тяжёлых металлов в почвах техногенно-загрязнённых территорий. *Минералогический журнал*. № 6. 1997. С. 53-57.

Таблиця 3

**Вміст Mn, Ni та Cu у корененасиченому шарі ґрунтів
(валова форма) білоакацієвих насаджень ділянки лісової
рекультивациі Західного Донбасу**

Варіант насипного ґрунту	Рік визначення	ВМ, мг/кг абс. сух. Ґрунту		
		Mn	Ni	Cu
II	1990	189,0	18,0	18,0
	2020	54,8	31,1	6,2
III	1990	448,0	53,0	316,0
	2020	65,7	39,9	6,3
IV	1990	460,0	51,0	276,0
	2020	46,7	36,3	8,3
V	1990	409,0	53,0	303,0
	2020	72,7	35,2	4,1

Більш значне зниження вмісту металів спостерігалось у ґрунтах варіантів з чорноземом звичайним (III-V варіанти): вміст Mn за останні 15 років тут зменшився у 6,5-9,8; Ni у 1,3-1,5, а Cu – у 33,1–73,4 разів. У корененасиченому шарі II варіанту насипного ґрунту показник зменшення для Cu дорівнював 2,9 рази, Mn – 3,5 рази. Швидке зменшення вмісту металів у варіантах ґрунтів з шаром чорнозему імовірно пов'язане з інтенсивним залученням Mn, Cu та Ni у процеси життєдіяльності фітоценозу та тривалим і більш значним закріпленням їх у фітомасі, порівняно з насадженням на II варіанту ґрунту⁶¹.

Явище зниження вмісту мікроелементів у складі ґрунтів може у подальшому привести до погіршення функціонального стану насаджень, зниженню їх стійкості до впливу факторів довкілля і потребує здійснення ретельних і всебічних моніторингових досліджень з метою запровадження заходів з припинення мікроелементного збіднення насипних ґрунтів⁶².

Відомо, що мікроелементи знаходяться в ґрунтах у двох формах – доступні та не доступні для рослин, при чому, процеси перетворення рухомих форм елементів у нерухомі і навпаки у ґрунтах під лісовими насадженнями відбуваються постійно⁶³. Наявність даних

⁶¹ Фортеською Дж. Геохимия окружающей среды, Москва: Прогресс, 1985. С. 137-183.

⁶² Якуба М.С. Моніторингові дослідження розподілу важких металів у лісових біогеоценозах Присамар'я Дніпровського (фітоценоз-підстилка-ґрунт): дис....канд. біол. наук: 03.00.16. Дніпропетровськ, 2006. С. 168-170.

⁶³ Муха В.Д., Сулима А.Ф., Карпинец Т.В., Левшаков Л.В. Соотношение содержания тяжёлых металлов в почве и почвообразующей породе как критерий оценки загрязнённости почв. *Почвоведение*. 1998. № 10. С. 1265 – 1270.

середньостатистичного вмісту важких металів у субстратах, що складають насипні ґрунти Західного Донбасу (водорозчинна форма) отриманих вченими Комплексної експедиції з дослідження лісів степової зони України у 1976 та 1988 дала змогу порівняти їх з аналогічними показниками за 2020 р. (Табл. 4).

Таблиця 4

**Динаміка вмісту важких металів у водорозчинній формі
у субстратах насипних ґрунтів під насадженнями білої акації
Західного Донбасу**

Субстрат	Рік дослідження	Важкий метал, мг/кг ґрунту				
		Fe	Mn	Cu	Pb	Ni
Порода	1976	787	700	45	32	21
	1988	240	340	4	21	5
	2020	200	180	0,5	2,6	4,3
Пісок	1976	88	59	15	19	12
	1988	87	8	6	14	5
	2020	63	6,5	3	7	4,8
Лесовидний суглинок	1976	70	15	5	22	10
	1988	60	8	5	13	13
	2020	54	5,8	0,8	4,5	13
Чорнозем	1976	35	23	5	16	5
	1988	90	3	9	11	14
	2020	243	6,4	1	5	8

За період 1976 – 2021 рр. вміст водорозчинних форм Fe та Mn зменшився у породі, піску та лесовидному суглинку; у чорноземі спостерігалось поступове збільшення вмісту цих металів. Кількість Cu та Pb зменшилася в усіх досліджуваних насипних ґрунтах, причому максимальне зниження концентрації цих елементів зафіксоване у шахтній породі. Вміст Ni у породі та у піску зменшився, у лесовидному суглинку до 1988 року збільшився і до теперішнього часу залишається на однаковому рівні. У чорноземі до 1988 року відбувалося збільшення вмісту Ni, а до нинішнього часу відбулося зниження вмісту цього металу. Коливання вмісту рухомих форм важких металів у ґрунті залежать від діяльністю ґрунтового мікробоценозу та вікових змін, які впливають на здатність рослин до поглинання хімічних елементів з ґрунту, причому динаміка вмісту рухомих форм може бути істотною – максимальні величини іноді перевищують мінімальні у 5 та більше разів⁶⁴.

⁶⁴ Кабата-Пендіас А., Пендіас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. Москва: Мир, 1989. 436 с.

Величина вмісту водорозчинних форм досліджуваних важких металів у ґрунтах залежить від низки факторів, серед яких механічний склад породи, та кислотність водної витяжки з ґрунту⁶⁵. Крім властивостей едафотопів на вміст рухомих форм важких металів значно впливають такі фактори загально планетарного значення як кислотні опади. Так, за рахунок зміни реакції ґрунтової витяжки у бік підкислення та незначної кількості органічних речовин у ґрунтовому шарі, важкі метали легко виносяться з ґрунтового профілю внаслідок їх слабкої фіксації⁶⁶. За деякими даними під впливом кислотних опадів збільшується кислотність ґрунтів, що призводить до підвищення міграції Pb, Zn, Ni, Cu та вимивання їх у нижні шари ґрунту і завдає збитків рослинності⁶⁷. Відомо, що в результаті впливу на ґрунти України кислотних опадів, площа кислих ґрунтів за останні 50 років зросла на 30 %⁶⁸.

З порівняння відносних концентрацій Mn, Cu, Ni та Pb у ґрунтовому профілі степової ділянки та сухого бору з результатами досліджень проведених проф. Цветковою Н. М. у 1980 році (Табл. 5) з'ясовано, що показники акумуляції важких металів відносно ґрунтової породи у степовому ґрунті зменшилися для таких фізіологічно важливих елементів як Cu, Ni та Mn, що пов'язано з інтенсивним використанням цих елементів рослинами у фізіологічних процесах.

Збільшення показника накопичення для Pb зумовлене надходженням елементу з повітря, та міцною його фіксацією за умов лужного середовища у ґрунтовому профілі. Постійне підвищення умісту кількості Pb до 2 % на грам сухої речовини у поверхневому шарі ґрунтів, які обробляються та у природному стані, у різних наземних екосистемах встановлено також А. Кабатю-Пендіас та Х. Пендіас⁶⁹. У спостереженнях над балансом Pb у різних екосистемах доведено, що його надходження істотно перевищує винесення, а для зниження загальної концентрації Pb на 10 % шляхом вилуження у забрудненому ґрунті знадобиться 200 років, у фоновому – 90 років. За висновками ряду дослідників забруднення ґрунтів Pb має часто незворотній характер, і

⁶⁵ Смольянинов И.И., Рябуха Е.В. Круговорот веществ в природе, Киев: Наук. думка, 1971. С. 98.

⁶⁶ Назаров А.Г. Эколого-ноосферный подход к биогеохимической цикличности. *Биогеохимический круговорот веществ в биосфере*, Москва: Наука, 1987. С. 5-14.

⁶⁷ Ильин В.Б. Тяжёлые металлы в системе почва-растение. Новосибирск: Наука. Сиб. отд., 1991. С. 106-127.

⁶⁸ Иванов Ю.А., Пристер Б.С., Бондарь П.Ф. Концентрация тяжёлых металлов в почве как фактор экологического нормирования. *Міжвід. темат. збірник «Агрохімія і ґрунтознавство»* Спец. вип., 1998. С. 81-82.

⁶⁹ Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. Москва: Мир, 1989. С. 212 – 215.

тому процес накопичення цього металу у поверхневому шарі у подальшому буде продовжуватись навіть за умов зменшення його надходження⁷⁰.

У ґрунті сухого бору за останні 45 років уміст Cu та Pb відносно вмісту у породі істотно не змінився, вміст Ni – підвищився у середньому у 3,8 разів. Разом з різким (більше ніж у 4 рази) зниженням вмісту Mn у верхньому горизонті ґрунту соснового бору спостерігається ріст його вмісту у нижче розташованому шарі ґрунту, що можливо пов'язане з перенесенням елементу углиб профілю шляхом лесиважу⁷¹.

Характер розподілу елементів у органах та тканинах не залишається незмінним впродовж онтогенезу. Зі збільшенням віку рослин відбувається зміна кількості закріплених у них елементів, вікові та сезонні коливання концентрації важких металів можуть відрізнятися у 3-10 разів⁷². Ільїн В.Б.⁷³ зазначає, що коливання вмісту хімічних елементів у складі фітомаси, викликані віковим фактором не можуть бути значними з тієї причини, що період інтенсивного споживання поживних речовин співпадає з часом найбільшого приросту фітомаси, тому насиченість живої рослинної тканини елементами зберігається у онтогенезі відносно стабільним.

Динаміка вмісту Mn, Zn та Pb у листі липи серцелистої та ясену високого з липово-ясеневої діброви свідчить про зниження кількості Mn приблизно у 5, Cu – у 3 та Zn менше ніж у 1,5 рази у листі липи серцелистої. У листі ясену високого з 1990 по 2020 рік відбулося зменшення більше ніж у 4 рази вмісту Mn та Cu. Явище зниження вмісту металів у листі деревних порід пов'язане зі зниженням потреби рослин у елементах з віком⁷⁴, і свідчить про вікове уповільнення ростових процесів.

У листі ясену високого зафіксоване збільшення вмісту Zn з 1990 по 2020 рік у два рази. За даними А. Кабата-Пендіас, Х. Пендіас інтенсивність поглинання цинку істотно коливається і залежить від виду рослини та умов середовища росту⁷⁵. Оскільки Zn є складовою частиною

⁷⁰ Сидорович Е.А., Рупасова Ж.А., Бусько Е.Г. Функционирование лесных фитоценозов в условиях антропогенных нагрузок, Минск: Наука и техника, 1985. 205 с.

⁷¹ Добровольский В.В. Биосферные циклы тяжёлых металлов и регуляторная роль почвы. *Почвоведение*, 1997. № 4. С. 431-441.

⁷² Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. Москва: Мир, 1989. С.163 – 172.

⁷³ Ильин В.Б. Тяжёлые металлы в системе почва-растение. Новосибирск: Наука. Сиб. отд., 1991. 151 с.

⁷⁴ Исаченко К.И. Оптимизация природной среды (географический аспект), Москва: Мысль, 1980. С. 148 – 156.

⁷⁵ Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. Москва: Мир, 1989. С.208– 222.

гормонів та ферментів, активізує вплив вітамінів та сприяє фотосинтезу, підвищує жаростійкість та посухостійкість, збільшує імунітет до хвороб, стабілізує клітинні компоненти та системи мікроорганізмів⁷⁶, вірогідно ясен, як найбільш вимоглива до вмісту мікроелементів у ґрунті порода інтенсивніше накопичує цей елемент для забезпечення нормального перебігу фізіологічних процесів.

Таблиця 5

**Порівняння профільного розподілу металів (валова форма)
у природних біогеоценозах Присамар'я Дніпровського**

Биогеоценоз, ґрунт	Ґрунтові горизон ти, см	Важкі метали*			
		Mn	Cu	Ni	Pb
Різотравно- типчакowo- ковилевий степ, чорнозем звичайний, карбонатний, малогумусний, середньосуглинистий	0-39	1,11 (1,25)»	1,30 (1,9)	1,17 (1,33)	2,01 (1,5)
	39-80	1,07 (1,31)	1,21 (1,6)	1,36 (1,40)	2,75 (1,2)
	80-140	0,76 (0,8)	1,01 (1,3)	1,24 (1,26)	1,98 (1,0)
	140-200	1	1	1	1
Сухуватий бір, дерново-боровий, малогумусний, середньо-вилужений, піщаний	0-15	1,99 (8,7)	0,96 (0,7)	4,56 (0,9)	1,32 (1,2)
	50-60	2,98 (1,3)	0,75 (0,9)	3,43 (0,9)	1,01 (1,1)
	60-125	1,47 (2,6)	0,58 (0,4)	2,65 (1,04)	0,98 (1,0)
	125-135	1	1	1	1
Заплавна липовo- ясенева діброва, заплавно-лучно- лісовий, середньогумусo-вий, середньовилужений, суглинистий	0-37	3,21 (4,8)	1,54 (3,3)	1,60 (1,5)	2,63 (1,9)
	37-58	2,80 (6,4)	1,23 (2,9)	1,55 (1,6)	2,15 (2,1)
	58-105	1,32 (1,5)	1,20 (2,8)	1,55(1,6)	1,20 (1,0)
	105-140	1,1 (2,0)	1,20 (1,3)	1,40 (1,1)	1,10 (1,0)
	140-200	1	1	1	1

*Примітка:** Вміст елементу у ґрунтоутворюючій породі прийнято за 1 і за відношенням до породи підраховано відносний вміст елементу у ґрунтовому горизонті; « – курсивом у дужках наведено дані отримані Н.М. Цветковою у 1980 році.

⁷⁶ Там же, С. 210– 211.

Результати порівняння вмісту важких металів у листі та гілках штучних насаджень Присамар'я Дніпровського 45 та 65 річного віку представлені у табл. 6.

Таблиця 6

**Часова динаміка вмісту ВМ у рослинах штучних насаджень
Присамар'я Дніпровського**

Насадження, тип лісорослинних умов	Рослина		Важкі метали, мг/кг сух. Речовини					
			Cu		Mn		Pb	
			1986*	2020	1986	2020	1986	2020
Білоакацієве насадження сухуватого типу зволоження	Біла акація	Листя	8,0±3,0	4,57±0,8	28,0±2,0	3,88±0,70	10,8±1,5	2,36±0,3
		Гілки	13,0±7,0	0,21±0,06	56,0±15,0	2,47±0,53	12,7±2,3	1,71±0,1
Білоакацієве насадження свіжуватого типу зволоження	Біла акація	Листя	18,0±2,0	3,38±0,8	54,0±13,0	16,80±5,9	3,3±0,3	1,26±0,2
		Гілки	17,0±2,0	2,06±0,04	102,7±71,0	2,73±0,62	3,5±0,4	0,19±0,02
Дубове насадження, плакор	Дуб звичайний	Листя	0,55±0,03	0,08±0,001	65,5±15,7	5,55±1,6	1,18±0,04	2,79±1,00
		Гілки	6,0±1,2	1,08±0,02	101,8±19,3	2,16±1,03	3,40±0,98	3,32±0,91

* – дані за 1986 рік отримані проф. Н.М. Цветковою

Вміст усіх досліджуваних металів у листі (у 1,74–23,2 рази) та гілках (у 5,55–65,0 разів) штучних насаджень за 40 останніх років значно зменшився, виключення відмічене у листі дубового насадження, де вміст Pb збільшився у 7,4 рази. Зниження вмісту важких металів у листі та гілках акації і дубу пояснюється тим, що при старінні рослинного організму інтенсивність біосинтезу уповільнюється й замінюється процесами розпаду, у зв'язку з чим падає здатність до поглинання елементів з довкілля та використання їх у фізіологічних процесах⁷⁷.

Підвищення кількості Pb у листі рослин дубового насадження (з 1,18 до 2,79 мг/кг сух. речовини) пояснюється інтенсивним надходженням металу у тканини листа, як техногенного забруднювача довкілля, повітряним шляхом.

⁷⁷ Методология и методика оценки экологических ситуаций. Симферополь: Таврия-Плюс, 2000. 100 с.

Порівняння вмісту важких металів у листі білої акації на I–IV варіантах насипних ґрунтів Західного Донбасу свідчить про зниження з 1986 по 2020 рік кількості Mn (у 1,78–6,56 разів) та Cu (у 2,34–14,4 разів) у листі рослин. Кількість Pb у листі акації зменшилася на II варіанті з 2,4 до 1,74; на V – з 5,2 до 2,4 мг/кг сух. речовини на варіантах II та IV кількість елементу збільшилася (з 3,3 до 5,3 та з 3,8 до 12,2 мг/кг сух. речовини відповідно). Загальних закономірностей щодо коливання вмісту Pb у листі акації на різних варіантах штучних ґрунтів не відмічено. Кількість Ni у листі акації на усіх варіантах ґрунтів збільшилася: на II варіанті у 2,34; III–8,38; IV–4,24; V–4,87 разів.

Відомо, що Ni є незамінним компонентом ферменту уреазы, і як наслідок може залучатися бульбочками бобових рослин та транспортуватися з коренів у надземні частини⁷⁸. Існують відомості про позитивний вплив цього металу на ріст рослин, але при надлишковій кількості Ni різко знижується абсорбція поживних речовин, гальмується ріст та порушується метаболізм рослин, підвищення концентрації Ni у тканинах пригнічує процеси фотосинтезу і транспірації⁷⁹. Зниження вмісту життєво необхідних у процесах фотосинтезу елементів Mn та Cu у листі та значне підвищення вмісту Ni у листі білої акації в умовах Західного Донбасу викликає занепокоєння щодо сучасного стану рослин і потребує проведення подальшого ретельного моніторингового дослідження хімічного складу рослин з метою підтримки оптимального рівня вмісту важких металів та запобігання загибелі штучних насаджень у майбутньому.

Результат порівняння показників біологічного колообігу хімічних елементів отриманих у 1990 році⁸⁰ та даних за 2020 рік (Табл. 7) демонструє функціональні зміни, що відбулися у досліджуваних біогеоценозах.

Інтенсивність колообігу важких металів у природних лісах Присамар'я Дніпровського у більшості випадків збільшилася у 1,13–15,16 разів. Виключення становлять ОПК Mn у свіжій суборі та сухуватому бору, які зменшилися у 1,06 та 10,0 разів, відповідно. Для досліджених штучних насаджень загальних закономірностей зміни інтенсивності колообігів не зафіксовано. У дубовому насадженні коливання у бік зменшення або збільшення показника ОПК не

⁷⁸ Кабата-Пендіас А., Пендіас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. Москва: Мир, 1989. С. 278–280.

⁷⁹ Там же. С. 283–285.

⁸⁰ Кулик А.Ф. Оценка устойчивости лесных биогеоценозов степной зоны Украины. *Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель. Міжвуз. зб. наук. праць*, Дніпро: РВВ ДНУ. Вип. 5. 2001. С. 26–30.

перевищували 1,6 рази. У насадженні білої акації сухуватого типу зволоження значно змінилися індекси інтенсивності колообігів Mn та Ni (у 3,10 та 3,23 рази), свіжуватого типу зволоження – Mn та Cu (2,18 та 3,62), насадження білої акації (II варіант ґрунту) Західного Донбасу – Cu та Pb (4,11 та 2,02).

Об'єми циклів важких металів у лісових екосистемах за дослідний період змінилися: у дубовому насадженні підвищення показників у 2,57–6,97 разів демонструє значну роль підстилки у накопиченні металів у межах добре розвиненої штучної екосистеми.

У свіжій суборі об'єми циклів знизилися для усіх важких металів у 0,52–2,38 разів, а у сухуватому бору спостерігалось значне зниження акумуляції у опадно-підстилковому блоці життєво необхідних елементів – Mn у 84,15 разів та Cu у 21,054 рази, водночас спостерігалось підвищення показників об'ємів циклів токсичних для рослин елементів Ni (у 2,88) та Zn (у 2,14 разів), що є показником зниження життєвості аренних екосистем. Ємності Mn, Cu та Ni у липово-ясеневій діброві підвищилися у 1,75; 5,68 та 8,97 разів. Кількість акумульованого опадо-підстилковим блоком та корененасиченим шаром ґрунту Pb знизилася у 1,39 раз, що пов'язано зі зменшенням надходження сполук з цим хімічним елементом у складі, внаслідок зменшення темпів функціонування промисловості у регіоні досліджень.

У насадженні білої акації на пристіні сухуватого типу зволоження спостерігалось підвищення ємностей усіх досліджуваних важких металів у 2,91–8,74 рази. У інших лісових угрупованнях Присамар'я Дніпровського відбувалася зміна показників ємності колообігів елементів без простеження спільної закономірності росту чи падіння. Збільшення ємностей Mn, Cu та Ni у колообігу насадження білої акації на III варіанті насипних ґрунтів у 2,02–29,71 разів демонструє поступове виснаження насипних ґрунтів рослинністю і дає можливість припустити нестачу життєво необхідних для рослин хімічних елементів у штучних насадженнях білої акації у подальшому. З цієї причини у штучних насадженнях білої акації, за умов відсутності проведення відповідних господарських заходів, можливі катастрофічні порушення фізіологічних процесів та поступова загибель рослин у майбутньому.

Проведений ретроспективний аналіз розподілу органо-мінеральних речовин і важких металів у біогеоценозах Степового Придніпров'я та з'ясування їх сучасного функціонального стану демонструє зміни, які відбулися протягом 1968–2020 років. Результати моніторингових досліджень можуть бути використані для прогнозування розвитку лісових біогеоценозів степової зони у майбутньому та надання практичних рекомендацій щодо догляду за ними.

Таблиця 7

**Зміна характеристик колообігів металів у біогеоценозах
Присамар'я Дніпровського у період 1992 – 2020 рр.
(↑ – збільшення або ↓ -зменшення у число разів).**

Біогеоценоз	Хімічний елемент	Показники біологічного колообігу металів		
		Інтенсивність кругообігу	Об'єм циклу	Ємність
Природні лісові угруповання				
Липово-ясенева діброва (пристін)	Mn	↑ 5,12	↓ 4,48	↑ 1,75
	Cu	↑ 15,16	↑ 26,85	↑ 5,68
	Ni	↑ 2,02	↑ 3,27	↑ 8,97
	Pb	↑ 6,04	↓ 1,38	↓ 1,39
Свіжий субір (арена)	Mn	↓ 1,06	↓ 2,13	-
	Cu	↑ 1,16	↓ 0,52	-
	Pb	↑ 1,72	↓ 2,38	-
Сухий бір (арена)	Mn	↓ 10,0	↓ 84,15	↓ 1,77
	Cu	↑ 1,13	↓ 21,05	↓ 1,33
	Ni	↑ 14,59	↑ 2,88	↑ 1,36
	Pb	↑ 5,24	↑ 2,14	↓ 1,46
Штучні лісові насадження				
Дубове насадження (плакор)	Mn	↑ 1,43	↑ 5,38	↓ 7,40
	Cu	↑ 1,40	↑ 6,33	↓ 1,13
	Ni	↑ 1,53	↑ 2,57	↑ 1,50
	Pb	↓ 1,48	↑ 6,97	↑ 4,37
Білоакацієве насадження сухуватого типу зволоження	Mn	↓ 3,10	↓ 0,96	↑ 2,91
	Cu	↑ 1,86	↑ 3,40	↑ 8,04
	Ni	↓ 3,23	↑ 1,85	↑ 7,38
	Pb	↑ 1,28	↑ 4,36	↑ 8,74
Білоакацієве насадження свіжуватого типу зволоження	Mn	↑ 2,18	↓ 3,53	↓ 2,19
	Cu	↓ 3,62	↓ 1,38	↑ 66,36
	Ni	↓ 1,70	↓ 4,44	-
	Pb	↑ 1,10	↑ 1,70	↑ 1,61
Насадження білої акації на III варіанті насипних ґрунтів (Західний Донбас)	Mn	↓ 1,41	↓ 1,18	↓ 6,23
	Cu	↓ 4,11	↑ 1,31	↓ 29,71
	Ni	↓ 1,32	↓ 1,28	↓ 2,02
	Pb	↑ 2,02	↑ 1,41	-

ВИСНОВКИ

Проведено дослідження вмісту і розподілу органо-мінеральних речовин та важких металів у системі фітоценоз-підстилка-ґрунт у лісових екосистемах Присамар'я Дніпровського та насаджень білої акації зони рекультивації земель Західного Донбасу.

Визначено індекси інтенсивності колообігів органо-мінеральних речовин, що характеризують функціональний стан рослинного угруповання та напрямок його розвитку. Не значне коливання або

підвищення показників індексів інтенсивності колообігів речовин у природних та штучних насадженнях Присамар'я Дніпровського та білоакацієвих насаджень у зоні рекультивації земель Західного Донбасу з 1980 по 2020 рік демонструє напрям процесів розвитку штучних насаджень за лісовим типом. Інтенсифікація колообігу органо-мінеральних речовин у білоакацієвому насадженні Західного Донбасу на II варіанті штучних ґрунтів свідчить про зміщення процесів функціонування цієї екосистеми у напрямку остепніння і може привести у майбутньому до негативних змін у процесах життєдіяльності лісового фітоценозу та спричинити його загибель.

В результаті проведеного моніторингового ретроспективного аналізу (1980-2020 рр.) з'ясовано, що вміст Мп у ґрунтах лісових екосистем у 1980 році варіювався в межах 102,0–891,2, а у 2020 році становив 122,0–894,9 мг/кг сух. ґрунту; Cu – 14,0–31,0 і 0,6–9,6; Ni – 22,0–58,0 і 9,2–44,5; Pb – 1,7–3,3 і 3,1–41,3 мг/кг сух. ґрунту. З 1980 по 2020 рр. у чорноземі звичайному степового біогеоценозу вміст Cu, Мп та Ni змінився менше ніж у 1,2 разу, вміст Pb збільшився у 4,3 разу. Вміст Мп, Ni та Cu у насипних ґрунтах Західного Донбасу за останні 30 років здебільшого зменшився. Зниження вмісту металів спостерігалось у ґрунтах варіантів з чорноземом звичайним (III-V варіанти): Мп у 6,5–9,8; Ni у 1,3–1,5; Cu – у 33,1–73,4 разів. Явище збіднення мікроелементного складу ґрунтів може призвести до погіршення стану насаджень у майбутньому і потребує проведення заходів щодо проведення лісомеліоративних заходів з поліпшення умов існування екосистем.

У фоновому степовому біогеоценозі з 1980 по 2020 рік відмічено підвищення коефіцієнту співвідношення ґрунт-порода ($K_{сп}$) Мп та Pb і зниження цієї величини для Cu; $K_{сп}$ Ni залишився незмінним (1,3). У заплавній липово-ясеневій діброві відбулося зниження $K_{сп}$ Cu та Мп, збільшення $K_{сп}$ Pb (з 2,0 до 2,75), $K_{сп}$ Ni не змінився. У дубовому насадженні зафіксоване збільшення $K_{сп}$ Мп у шарі ґрунту 0-50 см у 2,47 разу. У сухому бору відмічено зниження $K_{сп}$ Мп (з 1,9 до 1,2). У пристінній липово-ясеневій діброві відбувся ріст $K_{сп}$ Мп, Cu та Ni.

Робота є частиною моніторингових досліджень вмісту та розподілу важких металів у системі «фітоценоз-підстилка-ґрунт» лісових біогеоценозів Присамар'я Дніпровського. Результати досліджень рекомендовані для використання у розробці показників стійкості лісів в умовах степової зони України. Характеристики колообігу органо-мінеральних речовин та важких металів можуть застосовуватися як показники ступеню адаптації лісових угруповань до складних, не характерних для лісових екосистем, степових умов існування. За результатами моніторингових досліджень можливе прогнозування

розвитку лісових біогеоценозів степової зони і надання практичних рекомендацій щодо догляду за існуючими лісами і створення нових лісових насаджень різного призначення в умовах степової зони України.

АНОТАЦІЯ

Низька лісистість території України, а особливо степової зони, де частка штучних лісів складає 85–100 % від загального обсягу, зумовлює актуальність дослідження питань аналізу та покращення стану існуючих лісів і створення нових лісових біогеоценозів в умовах Степової зони України. Успішне вирішення проблеми створення у степовій зоні України стійких та довговічних лісових угруповань і підтримки їх життєдіяльності на високому рівні виявляються досить складними з точки зору практичних заходів, тому успішне вирішення цих проблем потребує проведення довготривалих, поглиблених і всебічних моніторингових досліджень лісових екосистем. В межах Степового Придніпров'я комплексні моніторингові дослідження лісових екосистем проводяться з часу створення професором О. Л. Бельгардом у 1968 році Комплексної експедиції з дослідження лісів степової зони України.

Дана робота є частиною моніторингових досліджень вмісту і розподілу важких металів та органо-мінеральних речовин у системі фітоценоз-підстилка-грунт біогеоценозів Присамар'я Дніпровського. Здійснено екологічну оцінку вмісту важких металів та органо-мінеральних речовин і визначено показники їх розподілу в системі фітоценоз-підстилка-грунт лісових екосистем.

На підставі результатів комплексних досліджень та порівняння отриманих даних з результатами попередніх 60-65 років оцінено функціональні зміни у стані біогеоценозів Присамарського моніторингу та зони рекультивації порушених земель Західного Донбасу. Зроблено прогностичні висновки щодо подальшого розвитку лісів та наведено теоретичні і практичні положення для створення нових деревних насаджень в умовах степової зони України.

ЛІТЕРАТУРА

1. Алексеев А.С. Мониторинг лесных экосистем: учебник. Ленинград, 2010. 249 с.
2. Базилевич Н.И., Родин Л.Е. Продуктивность и круговорот элементов в естественных и культурных фитоценозах. *Биологическая продуктивность и круговорот химических элементов в растительных сообществах*: монографія. Ленинград, 1971. С. 5-32.

3. Базилевич Н.И., Гребенщиков О.С., Тишков А.А. Географическая закономерность структуры и функционирования экосистем. Москва: Наука, 1986. 296 с.
4. Бельгард А.Л. Степное лесоведение. Москва: Лес. пром., 1971. 336 с.
5. Белова Н.А., Травлеев А.П. Естественные леса и степные почвы. Днепропетровск: ДГУ, 1999. 348 с.
6. Болоховець Ю. Навіщо Україні Державний Фонд лісового господарства. 2022. вилучено з <http://www.lesovod.org.ua>
7. Букша І.Ф. Принципи побудови багаторівневої мережі ділянок моніторингу лісів України. *Лісівництво і агролісомеліорація : зб. наук. праць*. 2004. Вип. 107. С. 242-251.
8. Букша І.Ф., Пастернак В.П., Пивовар Т.С., Рекомендації щодо розбудови державної системи моніторингу лісів України. Харків: УкрНДІЛГА, 2019. 35 с.
9. Генсірук С.А. Регіональне природокористування: навч. пос. Львів: Світ, 1992. 336 с.
10. Горейко В.О. Екологічне обґрунтування створення лісоаграрних комплексів у степовій зоні України: Монографія. Дніпро: Пороги, 2000. 315 с.
11. Грицан Ю.І. Екологічні основи перетворюючого впливу лісової рослинності на степове середовище: монографія. Дніпро: ДНУ, 2000. 300 с.
12. Грицан Ю.И., Зверковский В.Н. Экоклиматические условия и почвообразовательные процессы в лесных экосистемах степи. *Экология та ноосферология*. 2002. Т. 3. № 3-4. С. 45-51.
13. Горейко В.А. Биоекологические принципы создания искусственных лесных насаждений в степной зоне. *Питання степового лісознавства та лісової рекультивції земель*. 2018. Том 47. С. 29–39.
14. Добровольский В.В. Биосферные циклы тяжёлых металлов и регуляторная роль почвы. *Почвоведение*, 1997. № 4. С. 431-441.
15. Екологічний моніторинг довкілля. Функціонування державної системи моніторингу довкілля. 2017. Офіційний сайт Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України. вилучено із <https://mepr.gov.ua/content/ekologichniy-monitoring-dovkillya.html>
16. Стеревська Л.В. Рекультивация земель. Київ: Урожай, 1977. 125 с.
17. Жовинский Э.Я., Кураева И.В. Геохимия тяжёлых металлов в почвах Украины. Київ: Наук. Думка, 2002. 213 с.
18. Зверковский В.Н. Участки лесной рекультивации на нарушенных землях Западного Донбасса. *Мониторинговые исследования биогеоценотических катен степной зоны*. Д.: ДГУ, 1995. С. 104 – 110.