

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

РУДА МАРІЯ ВІТАЛІЇВНА

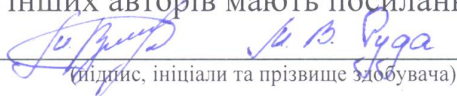
УДК 006.015.5; 625.163:630;26:629.3.015.6

УДОСКОНАЛЕННЯ НОРМАТИВНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ФУНКЦІОНУВАННЯ КОНСОРЦІЙНИХ ЕКОТОНІВ
ЗАХИСНОГО ТИПУ

05.01.02 – стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення
05 «Технічні науки»
(галузь знань)

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

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


(Підпис, ініціали та прізвище здобувача)

Науковий керівник –
доктор технічних наук, професор
Обшта А.Ф.

Ідентичність всіх примірників дисертації

ЗАСВІДЧУЮ:

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради



/Т.З. Бубела/

Львів – 2017

АНОТАЦІЯ

Руда М.В. Удосконалення нормативно-технічного забезпечення функціонування консорційних екотонів захисного типу. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 05.01.02 – стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення. Національний лісотехнічний університет України, Міністерство освіти і науки України, Львів, 2017.

Дисертація присвячена удосконаленню нормативно-технічного забезпечення процесу функціонування консорційних екотонів захисного типу на шляхах залізничного транспорту.

У першому розділі проаналізовано основні засади функціонування консорційних екотонів захисного типу, що є важливим для підвищення їх захисної ефективності та життєздатності. Встановлено, що завдання оцінювання і регулювання якості функціонування КЕЗТ належить до тих науково-технічних завдань, успішне вирішення яких дозволить суттєво підвищити екологічний захист навколишнього середовища залізничних шляхів. Виявлено, що попри цей визнаний факт недостатня увага приділялася дослідженню нормативно-технічного забезпечення, основною функцією якого є заохочення залізниці до надання транспортних послуг високої якості.

Проведено аналіз нормативної бази України та встановлено, що наявні нормативні документи не дають змоги забезпечити процес ефективного оцінювання якості функціонування консорційних екотонів захисного типу (тут і далі КЕЗТ). Виявлено значні прогалини у розумінні процесу функціонування КЕЗТ, які полягають у тому, що моделі їх функціонування не враховують суттєві біотичні та абіотичні фактори.

За результатами аналізу вітчизняної практики встановлено факт відсутності критеріїв градації якості функціонування КЕЗТ та низький ступінь гармонізації відповідних національних документів, що містять вимоги до якості, з міжнародними.

У другому розділі визначено поняття «якість КЕЗТ» через нормування якості КЕЗТ та на основі стандартів *ISO 9001:2015*, що ґрунтується на дослідженнях підходів до вирішення проблеми росту продуктивності деревостанів. Для вирішення поставленої задачі були досліджені та виокремлені основні показники, а саме: вертикальна та горизонтальна структури КЕЗТ.

Аналіз Стандартів *ISO 9001:2015* та *ISO 14001:2015* показав, що їх вимоги до нормування якості КЕЗТ передбачають, зокрема, ретельне дослідження не лише зовнішнього і внутрішнього середовища КЕЗТ, а і застосування процесного підходу до оцінювання впливу основних ресурсів зовнішнього середовища на базові процеси функціонування екосистем, такі як, наприклад, фотосинтез і дихання та розроблення нових методів оцінювання якості КЕЗТ.

Запропоновано структуру комплексного показника життєздатності КЕЗТ: комплексним показником життєздатності КЕЗТ – вектор, компонентами якого є часткові показники КЕЗТ: індекс стану КЕЗТ; індекс структурного різноманіття КЕЗТ; еквівалентний рівень звуку в КЕЗТ внаслідок руху транспорту на шляхах залізничного транспорту; концентрація солей металів в КЕЗТ; – рівень радіаційного випромінювання.

Запропоновано досліджувати КЕЗТ за допомогою компартментального аналізу, при цьому ступінь керованості КЕЗТ за допомогою системи блоків-компартментів залежить, у першу чергу, від вибраних критеріїв оптимізації. Система критеріїв і субкритеріїв виявляє мету будь-якого блоку в системі моделей та основні стратегічні критерії, через які досягається кінцева мета управлінського процесу.

Застосовано стратегію екологічної ефективності (ЕЕ), як індикатора якості функціонування КЕЗТ, що досягається через надання конкурентно оцінених товарів і послуг для задоволення потреб людини і підвищення життя за умови невинного послаблення впливів на довкілля і зменшення ресурсомісткості впродовж усього життєвого циклу до рівня, який відповідає «можливостям глобальної екосистеми». Таким чином, ЕЕ поєднує економічний збиток з якістю довкілля. ЕЕ – це філософія управління, яка спонукає покращувати якість довкілля, отримуючи при цьому зиск.

Подано результати теоретичних досліджень, спрямованих на автоматизацію розв'язання завдання оцінювання якості функціонування КЕЗТ, що сприяє підвищенню ефективності роботи інформаційної системи моніторингу якості екологічного та фізичного захисту засобами КЕЗТ.

У *третьому розділі* розглянуто методи та засоби оцінювання та прогнозування якості функціонування КЕЗТ. Встановлено, що загальна якість КЕЗТ залежить від сукупності як зовнішніх, абіотичних, так і внутрішніх – фізико-хімічних параметрів. Ця сукупність може змінюватися в залежності від антропогенного навантаження залізничних шляхів. На підставі вимог різних стандартів, зокрема ДСТУ, якість КЕЗТ подано як функцію від декількох факторів та характеристик.

Вирішення проблеми оцінювання і прогнозування якості функціонування КЕЗТ актуалізує задачі розроблення екологічного нормування життєздатності КЕЗТ. Загальна схема екологічного нормування відображає послідовність процедур, які призводять до одержання екологічних нормативів. Суть проблеми екологічного нормування зводиться до вибору способу переходу від кількісних характеристик до якісних. Кількісною характеристикою, основою судження про якість служить відгук на здійснене навантаження системи. Відгук на навантаження знаходять і інтерпретують в результаті експериментальних досліджень. Узагальнений емпіричний графік біологічного відгуку аналізують і інтерпретують в рамках вирішуваної проблеми ймовірно-статистичними та іншими математичними методами. Одержані дані відображають на шкалу якості КЕЗТ. Такий підхід дозволяє розробити окрему шкалу якості для кожного компонента і кожної дії. При розрахунку комплексного показника якості різні відгуки відображають на спільну для всіх шкалу якості, яка має бути не лише безрозмірною, а й відображати особливості індивідуальної форми кожного відгуку на навантаження. Ця проблема вирішена в введенням так званого показника стану, який характеризує напруженість цього стану, що зростає зі збільшенням відгуку. Відображення всіх характерних точок з кривої відгуку на криву показника стану можна здійснити, використовуючи як рівномірну так і нерівномірну шкали показника якості. Недоліком рівномірної шкали є те, що

частина границь категорій якості на цій шкалі вводяться довільно. Перевагою рівномірної шкали є той факт, що вона забезпечує можливість узагальнення декількох показників стану для КЕЗТ та порівняння різних КЕЗТ за однорідними показниками їх стану. Перевагою нерівномірної шкали якості є те, що вона точніше відображає особливості відгуку на навантаження, недоліком – те, що вона закриває можливість адекватного узагальнення декількох відгуків на різні дії при комплексній оцінці стану.

Визначено параметри фотосинтезу, для чого розроблені програми на основі методу найменших квадратів і методу оптимізації Левенберга-Маркварда.

Розроблено метод багатофакторного централізованого регулювання якості функціонування КЕЗТ, який базується на оцінюванні ходу росту КЕЗТ з врахуванням рубок та поновлення насаджень, що дозволило вперше одержати залежності ходу росту КЕЗТ від періодів рубок та структури поновлення насаджень.

За результатами дисертаційних досліджень встановлено, що для вдосконалення нормативного забезпечення та підвищення якості функціонування КЕЗТ є необхідним застосування методу багатофакторного централізованого регулювання якості функціонування КЕЗТ.

У четвертому розділі уточнено показники якості процесу функціонування КЕЗТ на основі проведених експериментальних досліджень і сформульовано критерії їх градації, в основу яких покладено результати їх оцінювання з урахуванням основних фізико-хімічних параметрів, що дає можливість об'єктивніше класифікувати якість КЕЗТ та нормувати їх характеристики. Встановлено профільність КЕЗТ на основі парадимічної структури КЕЗТ для виокремлення окремих структурних одиниць – елементарних компонентів природного ландшафтного комплексу.

Розроблено конструктивно-екологічну концепцію КЕЗТ, заданої структури, що проектується, як цілісний елемент захисних лісових насаджень захисного типу, який складається з кількох різних за видовим складом, висотою, фактурою, габітусом і типом рослин, що зростають паралельно, у

безпосередній близькості та зливаються в одну структурну одиницю захисту залізничного полотна.

Запропоновано концепція кіберфізичної системи процесу функціонування КЕЗТ на шляхах залізничного транспорту, що дозволить підвищити: рівень адекватності дійсному екологічному стану на шляхах залізничного транспорту його інформаційної моделі; оперативність отримання та достовірність первинних даних за якістю КЕЗТ на залізниці; рівень і якість інформаційного обслуговування споживачів екоінформації на основі мережевого доступу до банків та баз даних.

Загальний алгоритм використання визначених показників поєднує встановлення і оцінку відповідних факторів КЕЗТ шляхом прямого або непрямого визначення їх кількісних показників, а також створення на основі багатоспектральних даних просторової основи для оцінки впливу об'єкті залізниці на стан навколишнього природного середовища.

Впровадження результатів дослідження внесе вагому частку в процес виведення залізничних шляхів на вищий рівень конкурентоспроможності серед перевізників та створення кращих умов для транспортних перевезень.

Ключові слова: консорційні екотони захисного типу, захисні лісові насадження, моделювання ходу росту насаджень, кіберфізична система, екологічне нормування, багатокритеріальна оцінка.

Список публікацій здобувача:

1. Руда М.В. Еколого-географічний аналіз залізничного транспорту Львівської області / Н.Г. Лук'янчук, М.В. Руда // Науковий вісник НЛТУУ: Збірник науково-технічних праць: «Урбанізаційні процеси в гірських ландшафтах і шляхи їх регулювання». – Львів: РВВ НЛТУ України. – 2011, вип. 21.16. – С.284-288.
2. Руда М.В. Экологические исследования защитных лесонасаждений Львовской железной дороги / Н.Г. Лук'янчук, М.В. Руда // Материалы международной конфе-ренции «Современные проблемы лесного хозяйства и лесоустройства»: ноябрь 2012 г. Новости Международного центра лесного хозяйства и лесной промышленнос-ти Санкт-

Петербургского государственного лесотехнического университета / за ред. М.А.Чубинского – Том 1, номер 15. – С. 154-157. – ISBN 978-5-9239-0518-2.

3. Руда М.В. Сучасні еколого-економічні проблеми транспортування небезпечних вантажів Львівською залізницею / І.А. Дубовіч, М.В. Руда // Науковий вісник: Збірник науково-технічних праць. – Львів: РВВ НЛТУ України. – 2012. – Вип. 22.9. – С. 66-71.
4. Руда М.В. Радіаційна безпека та протирадіаційні заходи у зоні відведення залізниці / Н.Г. Лук'янчук, М.В. Руда // Збірник статей учасників VII Всеукраїнської науково-практичної конференції: «Охорона навколишнього середовища промислових регіонів, як умова сталого розвитку України». Запоріжжя: Видавництво, 2012. – С. 235-236.
5. Руда М.В. Аналіз результатів дослідження стану та функціонування захисних лісонасаджень вздовж залізниці / Н.Г. Лук'янчук, М.В. Руда // Науковий вісник: Збірник науково-технічних праць. – Львів: РВВ НЛТУ України. – 2013. – Вип. 23.11. – С. 110-117.
6. Руда М.В. Повышение устойчивости к неблагоприятным абиотическим факторам среды лесозащитных насаждений Львовской железной дороги / Н.Г. Лук'янчук, М.М. Паславський, М.В. Руда // Современное состояние и перспективы охраны и защиты лесов в системе устойчивого развития, 9-11 октября 2013 года: материалы международной научно-практической конференции – Институт леса НАН Беларуси, 2013 г. – С. 240-245. – ISBN 978-985-6768-26-5
7. Руда М.В. Оценка экологической безопасности и учет эколого-техногенных рисков на путях железнодорожного транспорта Львовской железной дороги / М.В. Руда // Экология и безопасность жизнедеятельности: сборник статей XIV международной научно-практической конференции – МНИЦ ПГСХА. – Пенза: РИО ПГСХА, 2014 г. – С. 110-114.
8. Руда М.В. Зниження шумового впливу залізничного транспорту за допомогою лісонасаджень / М.В. Руда, Н.Г. Лук'янчук // Праці

Наукового товариства ім. Шевченка. Екологічний збірник «Сучасні проблеми дослідження та збереження біорізноманіття». – 2014 – Том XXXIX – С. 294-299 – ISSN 1563-3950.

9. Руда М.В. Эколого-экономические аспекты использования альтернативных источников энергии в энергоснабжении / Н.Г. Лук'янчук, М.В. Руда // Альтернативные источники сырья и топлива: сб. науч.тр. / Нац. акад. наук. Беларуси, Ин-т химии и топлива материалов; науч. ред. В.Е. Агабеков, К.Л. Гусаков, Ж.В. Игнатович. – Минск: Беларуская навука, 2014. – Вып. 1. С. 270-279 – ISBN 978-985-08-1728-0.
10. Руда М.В. Эколого-экономические аспекты использования альтернативных источников энергии в энергоснабжении / Н.Г. Лук'янчук, М.В. Руда // Альтернативные источники сырья и топлива: сб. науч.тр. / Нац. акад. наук. Беларуси, Ин-т химии и топлива материалов; науч. ред. В.Е. Агабеков, К.Л. Гусаков, Ж.В. Игнатович. – Минск: Беларуская навука, 2014. – Вып. 1. – С. 270-279. – ISBN 978-985-08-1728-0.
11. Руда М.В. Закономірності розподілу есенціальних хімічних елементів у мезоекосистемі Дністровського Передкарпаття // М.М. Паславський, М.В. Руда // Науковий вісник: Збірник науково-технічних праць. – Львів: РВВ НЛТУ України. – 2014. – Вип. 24.8. – С. 131-135. – ISBN 5-7763-2435-1.
12. Руда М.В. Экосистемный принцип мониторинга и контроля качества консорции экотонів защитного типа (на примере Львовской железной дороги) / М.В. Руда // Сборник научных трудов молодых ученых, аспирантов, студентов и преподавателей по результатам проведения Шестого молодежного Конгресса «Северная Пальмира», 3-4 декабря 2014 г., Санкт-Петербург. – СПб НИЦЭБРАН, 2015 р. – С. 62-66.
13. Руда М.В. Структура та алгоритм управління консорцією екотонів захисного типу для забезпечення екологічної безпеки на шляхах залізничного транспорту / М.В. Руда // Матеріали II

Міжнародної науково-практичної конференції «Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства. Європейський досвід і перспективи», – Львів: ЛДУ БЖД, 2015. – С. 355-357.

14. Ruda M. Consortiums of ecotones of protective type to ensure the environmental safety on railway lines / V. Pohrebennyk, M. Ruda, M. Paslavskyi // New trends in the ecological and biological research: International scientific conference: book of abstracts University of Prešov, Slovak republic – 9. – 11. September, 2015 – P. – 60 – ISBN 978-80-555-1354-6.
15. Руда М.В. Реализация концепции консорции экотонів защитного типа в обеспечении устойчивого развития на путях железнодорожного транспорта / М.В. Руда, Н.Г. Лукьянчук // Сборник материалов III Молодежного Экологического Форума [Электронный ресурс – режим доступа <http://science.kuzstu.ru/event/event-reports/forum/>] / Под ред.: Т.В. Галанина, М.И. Баумгартон – Кемерово: КузГТУ, 2015. – ISBN 978-5-906805-20-1.
16. Руда М.В. Техногенно-екологічне обґрунтування екосистемного принципу моніторингу консорцій екотонів захисного типу на шляхах залізничного транспорту / М.В. Руда // Прикладні аспекти техногенно-екологічної безпеки: збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції / Національний університет цивільного захисту України. – Х: НУЦЗУ, 2015 – С. – 231-233 (276 с.).
17. Ruda M. Spase-fundional role of consortiums of ecotones of protective type to ensure the environmental safety on railway lines / M. Ruda, V. Pohrebennyk // V Міжнародний молодіжний науковий форум «Litteris et Artibus» / Матеріали. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2015. – 1 електрон. опт. диск (CD-ROM) – с. 464-465. ISBN 978-617-607-856-2.
18. Ruda M. Consortiums of ecotones of protective type to ensure the environmental safety on railway lines / Volodymyr Pohrebennyk, Maria Ruda, Mykhaylo Paslavskyi, Ivan Solomon // Acta facultatis studiorum

humanitatis et naturae Universitatis Presoviensis. Natural sciences. Biology-ecology. Volume XLIII. Presov, Slovak Republik. 2016. p. 172-181.

19. Руда М.В. Антропогенна трансформація властивостей екотонів захисного типу на шляхах залізничного транспорту / А.Ф. Обшта, І.Й. Сорока, М.В. Руда // Вимірювальна техніка та метрологія. – 2016. – Вип. 77. – С. 165-177.
20. Руда М.В. Modeling of Cyber Physical Systems for Quality Monitoring of Protective Consortive Ecotones / А.Ф. Обшта, М.В. Руда, І.Й. Сорока // Innovation in the development of socio-economic systems: microeconomic, macroeconomic and mesoeconomic levels. – Collective monograph. – Vol. 3. Kaunas, Lithuania: «Izdevnieciba «Baltija Publishing», 2016. – 348 p.
21. Пат. UA 111249 С2. Спосіб фіторизоремедіації девастрованих ґрунтів / Оліферчук В.П., Паславський М.М., Руда М.В.; заявник і власник Державний вищий навчальний заклад «Національний лісотехнічний університет України» – № а 2014 06794; заявл. 16.06.2014; опубл. 11.04.2016, Бюл. № 7.
22. Пат. UA 111392 С2. Спосіб сільватизації корінних деревостанів / Оліферчук В.П., Паславський М.М., Руда М.В.; заявник і власник Державний вищий навчальний заклад «Національний лісотехнічний університет України» – № а 2014 06774; заявл. 16.06.2014; опубл. 25.04.2016, Бюл. № 8.
23. Пат. UA 111393 С2. Спосіб ризоремедіації девастрованих земель / Оліферчук В.П., Паславський М.М., Руда М.В.; заявник і власник Державний вищий навчальний заклад «Національний лісотехнічний університет України» – № а 2014 06776; заявл. 16.06.2014; опубл. 25.04.2016, Бюл. № 8.
24. Maria Ruda Protective Consortive Ecotones and the Quality of their Functioning / Anatoliy Obshta, Maria Ruda, Iryna Soroka // 14th International Conference the Experience of Designing and Application

of CAD Systems in Microelectronics (CADSM): Proceedings – Polyana, Svalyava, (Zakarpattya), Ukraine, February 21-25, 2017 – С. 314-318.

25. Руда М.В. Моделювання системи менеджменту функціонування консорцій екотонів захисного типу на шляхах залізничного транспорту / А.Ф. Обшта, М.В. Руда, І.Й. Сорока // Управління якістю в освіті та промисловості: досвід, проблеми та перспективи: тези доповідей III Міжнародної науково-практичної конференції пам'яті професора Петра Столярчука, 11–12 травня 2017 року / відп. за вип. М. М. Микийчук. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2017. – С. 113-115 (240 с). ISBN 978-966-941-044-3.

ABSTRACT

Maria Ruda. Improvement of the regulatory and technical support of the functioning of consortive protective ecotones. – Qualifying scientific work as manuscript.

The thesis for a scientific degree of the Candidate of Technical Sciences by specialty 05.01.02 – Standardization, Certification and Metrological Assurance. Ukrainian National Forestry University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Lviv, 2017.

The dissertation is devoted to the improvement of the regulatory and technical support of the functioning of consortive protective ecotones on the railway transport lines.

The first section analyzes the basic principles of the functioning of consortive protective ecotones (CPE), which is important for increasing their protective efficiency and viability. It was established that the tasks of appraisal and regulation of the quality of the functioning of the CPE belong to those scientific and technical problems, the successful solution of which will significantly increase the ecological protection of the environment on the railway lines. Despite this acknowledged fact, it was discovered that insufficient attention had been paid to the study of the regulatory and technical support, the main function of which is to encourage the railways to provide high quality transport services.

The analysis of the regulatory framework of Ukraine was carried out and it was found that the existing regulatory documents do not allow providing an effective appraisal of the quality of CPE functioning. Significant gaps were identified in the understanding of the functioning of the CPEs, which lies in the fact that the models of their functioning do not take into account significant influential factors, both external and internal.

According to the analysis of domestic practice, it was found that there are no criteria for the gradation of quality of CPE, also, there is low degree of harmonization of corresponding national documents, containing requirements for quality, with international standards.

The second section examines the regulatory framework for ensuring the quality of CPE functioning and describes the state of standardization of protective forest plantations as a whole, as well as tasks that require an urgent solution, in particular, the task of standardizing the methods for assessing the quality indicators of CPE functioning.

The analysis of Standards ISO 9001:2015 and ISO 14001:2015 showed that their requirements for standardization of the quality of CPE include, in particular, a careful study of not only the external and internal environments of the CPE, but also the application of process approach to the assessment of the impact of the main environmental resources on the basic processes of the functioning of ecosystems, such as, for example, photosynthesis and respiration and the development of new methods for assessing the quality of the CPE.

The concept of «quality of CPE» is defined through the standardization of the quality of CPE and on the basis of ISO 9001: 2015 standards, which is based on the study of approaches to addressing the problem of productivity increase of forest stands. In order to solve this problem, the key indicators were investigated and identified, namely: vertical and horizontal structures of CPE.

Determined were the values of maximum load that a CPE can withstand and endure for a long time without serious violations of its structural and functional characteristics.

Based on the elaborated material and for the convenience of solving the control problems in the CPE, vertical and horizontal structures are proposed, which are specified by the layers and horizons, respectively .

The structure of the complex index of viability of CPE is proposed: the complex index of the viability of CPE is a vector whose components are partial indexes of CPE: the index of the condition of CPE; the index of structural varieties of CPE; the equivalent level of noise in CPE due to the movement of transport on the railway lines; concentration of metal salts in CPE; the level of radiation.

It is proposed to investigate CPE with the help of a compartmental analysis, in this case, the degree of controllability and observability of CPE using the system of block-compartments depends, primarily, on the selected optimization criteria. The system of criteria and subcriteria detects a target of any block in the system of models and main strategic criteria through which the ultimate goal of the management process is achieved.

Applied is the EE strategy as an indicator of the quality of CPE functioning, which is achieved through the provision of competitively priced goods and services to satisfy human needs and improve living standards provided continuous reduction of impacts on the environment and reduction of resource intensity throughout the lifecycle to a level that corresponds to the "global ecosystem capabilities". Thus, EE combines economic damage with the quality of the environment. It is a management philosophy that promotes the quality of the environment while benefiting from it.

Presented are the results of theoretical research aimed at solving the task of assessing the quality of CPE functioning, which contributes to improving the efficiency of the information system for monitoring the quality of the environment protection by means of CPE.

The third section deals with the methods and means of assessment and predicting the quality of CPE functioning. It is found that the overall quality of CPE depends on a combination of both external, abiotic, and internal, physical and chemical, parameters. This combination will vary depending on the anthropogenic load on the rail tracks. Based on the requirements of various standards, in particular

DSTU, the overall quality of CPE is presented as a function of several factors and characteristics.

The advantage of the nonuniform quality scale is that it more accurately reflects the peculiarities of response to impact, the disadvantage is that it closes the possibility of adequate generalization of multiple responses to different actions in a comprehensive assessment of the state. Thus, before the output of the status indicator function, the solution to the quality scale problem was seen in the use of coded responses, in particular, on the basis of the desirability function, and displaying the received coded values on a single uniform quality scale.

The parameters of photosynthesis have been determined; to do this, programmes were developed based on the least-squares method and the Leuvenberg-Marquard optimization method.

The method of multifactorial centralized regulation of the quality of CPE functioning has been developed which is based on the assessment of the growth rate of CPE taking into account the cutting and plantation renewal, which made it possible for the first time to derive the dependence of the CPE growth rate on the cutting periods and the structure of the plantation renewal.

According to the results of the dissertation research, it was found that in order to improve the regulatory support and enhance the quality of CPE functioning, it is necessary to apply the method of multifactorial centralized regulation of the quality of CPE functioning.

The fourth section specifies the quality indicators of CPE functioning on the basis of experimental studies, and the criteria of their gradation have been formulated, based on the results of their evaluation taking into account the basic physical and chemical parameters, which makes it possible to more objectively classify the quality of CPEs and standardize their characteristics. The profile of CPE on the basis of its structure is established to single out individual structural units - elementary structural components of natural landscape complexes.

The constructive-ecological concept of the CPE has been developed, the structure of which is designed as an integral element of forest plantations of protective type which consists of several plant species different in height, texture,

habit and which grow in parallel, in close proximity, merging into one structural unit for the protection of railway lines.

The concept of the cyberphysical system of the CPE functioning on the railway lines is proposed, which will allow increasing: (1) the level of adequacy of the actual ecological state on the railway transport lines to its information model; (2) efficiency of obtaining and authenticity of primary data on the quality of CPEs on the railway; (3) the level and quality of information services for consumers of eco-information on the basis of network access to databases.

The general algorithm for the use of the defined indicators combines the establishment and assessment of the relevant factors of CPE by means of direct or indirect determination of the quantitative indicators, as well as the creation of a spatial basis based on the multispectral data for assessing the impact of the railway facilities on the state of the Environment.

Implementation of the research results will make a significant contribution to the process of bringing the railways to a higher level of competitiveness among carriers and will create better conditions for transportation.

Key words: consortive protective ecotones, protective forest plantations, modeling of plantation growth, cyberphysical system, ecological regulation, multicriteria estimation.

List of publications by the PhD candidate:

1. Ruda, M.V. Ecological-geographical analysis of railway transport of Lviv region / Lukyanchuk, N.G. & Ruda, M.V. // Scientific Bulletin of UNFU: Collection of scientific and technical works: "Urbanization processes in mountain landscapes and ways of their regulation". – Lviv: EPD UNFU – 2011, Issue 21.16: 284-288. (in Ukrainian)
2. Ruda, M.V. Environmental studies on protective forest plantations of the Lviv railway / Lukyanchuk, N.G. & Ruda, M.V. // Proceedings of the International Conference *Current Problems of Forestry and Forest Regulation*: Nov. 2012. News of the International Center for Forestry and Forest Industry at the St.

- Petersburg State Forestry University, ed. by Chubinski, M.A. – Vol.1, No.15: 154-157. – ISBN 978-5-9239-0518-2. (in Russian)
3. Ruda, M.V. Current ecological and economic problems of transportation of dangerous goods by Lviv railway / Dubovich, I.A. & Ruda, M.V. // Scientific Bulletin: Collection of scientific and technical works. – Lviv: EPD UNFU – 2012. – Issue. 22.9: 66-71. (in Ukrainian)
 4. Ruda, M.V. Radiation safety and anti-radiation measures in the zone of railways / Lukyanchuk, N.G. & Ruda, M.V. // Proceedings of the 7th All-Ukrainian scientific and practical conference: *Environment protection of industrial regions as a condition for sustainable development of Ukraine*. Zaporizhye: Publishing House, 2012: 235-236. (in Ukrainian)
 5. Ruda, M.V. Analysis of the results of the study on the condition and functioning of protective forest plantations along the railway lines / Lukyanchuk, N.G. & Ruda, M.V. // Scientific Bulletin: Collection of scientific and technical works. – Lviv: EPD UNFU – 2013. – Issue 23.11: 110-117. (in Ukrainian)
 6. Ruda, M.V. Increase of resistance to unfavorable abiotic factors of the forest protection plantations of the Lviv Railway / Lukyanchuk, N.G.; Paslavsky, M.M; Ruda, M.V. // Current state and perspectives of forest conservation and protection in the context of sustainable development, Oct. 9-11, 2013: proceedings of the international scientific and practical conference – Forest Institute of the National Academy of Sciences of Belarus, 2013: 240-245. – ISBN 978-985-6768-26-5 (in Russian)
 7. Ruda, M.V. Evaluation of environmental safety and accounting of environmental and man-induced risks on the lines of the Lviv Railway / Ruda, M.V. // Ecology and health-and-safety: proceedings of the XIV International Scientific and Practical Conference – MNITS PGSHA – Penza: RIO PGHA, 2014: 110-114. (in Russian)
 8. Ruda, M.V. Reduction of noise impact of railway transport by means of forest plantations / Ruda, M.V. & Lukyanchuk, N.G. // Proceedings of the Taras Shevchenko Scientific Society. Ecological collection *Current problems of*

- research and conservation of biodiversity*. – 2014 – Vol. XX XIX: 294-299 – ISSN 1563-3950. (in Ukrainian)
9. Ruda, M.V. Eco-economic aspects of using alternative energy sources in energy supply / Lukyanchuk, N.G. & Ruda, M.V. // *Alternative sources of raw materials and fuel: Col. scie, works / National Academy of Sciences of Belarus, Institute of Chemistry and Fuel Materials; scientific ed. By Agabekov, V.E; Gusakov, K.L.; Ignatovich, Zh.V.* – Minsk: *Belaruskaya navuka*, 2014. – Issue. 1: 270-279 – ISBN 978-985-08-1728-0. (in Russian)
 10. Ruda, M.V. Eco-economic aspects of using alternative energy sources in energy supply / Lukyanchuk, N.G. & Ruda, M.V. // *Alternative sources of raw materials and fuel: Col. scie, works / National Academy of Sciences of Belarus, Institute of Chemistry and Fuel Materials; scientific ed. By Agabekov, V.E; Gusakov, K.L.; Ignatovich, Zh.V.* – Minsk: *Belaruskaya navuka*, 2014. – Issue. 1: 270-279 – ISBN 978-985-08-1728-0. (in Russian)
 11. Ruda, M.V. Patterns of the distribution of essential chemical elements in the Meso-ecosystem of the Dniester Precarpathians // Paslavsky, M.M. & Ruda, M.V. // *Scientific Bulletin: Collection of scientific and technical works.* – Lviv: EPD UNFU. – 2014. – Issue. 24.8: 131-135. – ISBN 5-7763-2435-1. (in Ukrainian).
 12. Ruda, M.V. Ecosystem principle of monitoring and quality control of consortia of protective ecotones (by the example of the Lviv railway) / Ruda, M.V. // *Collection of scientific works of young scientists, postgraduates, students and teachers on the results of the Sixth Youth Congress Northern Palmyra, Dec.3-4, 2014, St. Petersburg.* – NITSEBRAN, 2015: 62-66. (in Russian)
 13. Ruda, M.V. Structure and algorithm of management of the consortium of protective ecotones for ensuring environmental safety on the railway transport lines / Ruda, M.V. // *Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference «Environmental safety as the basis of sustainable development of society. European Experience and Prospects»*, – Lviv: LDU BZhD, 2015: 355-357. (in Ukrainian)
 14. Ruda M. Consortia of ecotones of protective type to ensure the environmental safety on railway lines / V. Pohrebennyk, M. Ruda, M. Paslavskiyi

- // New trends in the ecological and biological research: International scientific conference: book of abstracts University of Prešov, Slovak republic – 9. – 11. September, 2015: 60 – ISBN 978-80-555-1354-6. (in English)
15. Ruda, M.V. Implementation of the concept of a consortium of protective ecotones in ensuring sustainable development on railway transport lines / Ruda, M.V. & Lukyanchuk, N.G. // Proceedings of the III Youth Ecological Forum [Electronic resource – access mode <http://science.kuzstu.ru/event/event-reports/forum/>] / Ed . Galanina, T.B. & Baumgarton, M.I. – Kemerovo: KuzGTU, 2015. – ISBN 978-5-906805-20-1. (in Russian)
 16. Ruda, M.V. Technogenic and ecological substantiation of the ecosystem principle of monitoring consortia of protective ecotones on railway transport lines / Ruda, M.V. // Applied aspects of technogenic and environmental safety: proceedings of the International scientific-practical conference / National University of Civil Protection of Ukraine. – X: NUTSZU, 2015: 231-233 (276 pp.) (in Ukrainian)
 17. Ruda M. Space-functional role of consortiums of ecotones of protective type to ensure the environmental safety on railway lines / M. Ruda, V. Pohrebennyk // V International Youth Science Forum «Litteris et Artibus» / Materials. – Lviv: Polytechnic Publishing House, 2015. – 1 electronic optical CD (CD-ROM): 464-465. ISBN 978-617-607-856-2.V (in English)
 18. Ruda M. Consortiums of ecotones of protective type to ensure the environmental safety on railway lines / Volodymyr Pohrebennyk, Maria Ruda, Mykhaylo Paslavskyi, Ivan Solomon // Acta facultatis studiorum humanitatis et naturae Universitatis Presoviensis. Natural sciences. Biology-ecology. Volume XLIII. Presov, Slovak Republik. 2016: 172-181. (in English)
 19. Ruda, M.V. Anthropogenic transformation of properties of protective ecotones on railway transport lines / Obshta, A.F.; Soroka, I.Yo.; Ruda, M.V. // Measuring technology and metrology. – 2016. – Issue 77: 165-177. (in Ukrainian)
 20. Ruda, M.V. Modeling of Cyber Physical Systems for Quality Monitoring of Protective Consortive Ecotones / Obshta, A.F.; Ruda, M.V.; Soroka, I.Yo. // Innovation in the development of socio-economic systems: microeconomic, macroeconomic and

- mesoeconomic levels. – Collective monograph. – Vol. 3. Kaunas, Lithuania: «Izdevnieciba «Baltija Publishing»: 2016. – 348 pp (in English)
21. Patent UA 111249 C2. The method of phytoremediation of devastated soils / Oliferchuk, V.P.; Paslavsky, M.M.; Ruda, M.V.; applicant and owner – The State Higher Educational Institution *Ukrainian National Forestry University* – No. a 201406794; stated June 16, 2014; published Apr. 11, 2011, Bul. No. 7. (in Ukrainian)
 22. Patent UA 111392 C2. Method of sylvatization of indigenous forest stands / Olieferchuk, V.P.; Paslavsky, M.M.; Ruda, M.V.; applicant and owner – The State Higher Educational Institution *Ukrainian National Forestry University* – No. a 201406774; stated June 16, 2014; published Apr.25, 2016, Bul. No. 8. (in Ukrainian)
 23. Patent UA 111393 C2. The method of rhizoremediation of the devastated lands / Oliferchuk, V.P.; Paslavsky, M.M.; Ruda, M.V.; applicant and owner - The State Higher Educational Institution *Ukrainian National Forestry University* – No. a 2014 06776; stated June 16, 2014; published Apr.25, 2016, Bul. No. 8. (in Ukrainian)
 24. Maria Ruda. Protective Consortive Ecotones and the Quality of their Functioning / Anatoliy Obshta, Maria Ruda, Iryna Soroka // 14th International Conference the Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics (CADSM): Proceedings – Polyana, Svalyava, (Zakarpattya), Ukraine, Febr. 21-25, 2017: 314-318.(in English)
 25. Ruda, M.V. Modeling of the management system for the functioning of consortia of protective ecotones on railway lines / Obshta, A.F.; Ruda, M.V.; Soroka I.Yo. // Management of quality in education and industry: experience, problems and perspectives: theses of reports at the III International Scientific and Practical Conference in memory of Professor Petr Stolyarchuk, May 11-12, 2017 / resp. for the issue Mykyichuk, M.M. – Lviv: Polytechnic Publishing House, 2017: 113-115 (240 pp). ISBN 978-966-941-044-3. (in Ukrainian)

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	23
ВСТУП.....	24
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ НОРМАТИВНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ КЗТ.....	29
1.1. Історичні та методичні аспекти захисного лісорозведення.....	29
1.1.1. Еволюція методів та засобів захисного лісорозведення на шляхах залізничного транспорту.....	29
1.1.2. Вплив залізниці на компоненти довкілля та механізми функціонування ЗЛН.....	32
1.1.3. Інтєроперабельність системи ЗЛН.....	34
1.2. Просторово-функціональна роль КЕЗТ	35
1.2.1. Система просторової структури КЕЗТ	36
1.2.2. Екотонний ефект.....	44
1.3. Нормативно-методичне забезпечення функціонування КЕЗТ на шляхах залізничного транспорту	45
1.3.1. Законодавчі та нормативно-методичні документи, що регламентують функціонування КЕЗТ.....	45
1.3.2. Нормативний поділ лісів за функціональним призначенням.....	51
1.4. Висновки до розділу 1	53
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ФУНКЦІОНУВАННЯ КЕЗТ.....	54
2.1. Формування моделі системи підвищення якості КЕЗТ	54
2.2. Якість і технологія нормування КЕЗТ	56
2.3. Індикація стану КЕЗТ	64
2.4. Компартментальний аналіз як засіб визначення екологічного індексу КЕЗТ	76
2.5. Висновки до розділу 2	84

РОЗДІЛ 3. МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЖИТТЄЗДАТНОСТІ КЕЗТ	85
3.1. Аутоекологічні принципи функціонування КЕЗТ	85
3.1.1. Спрямованість екологічних факторів	87
3.1.2. Променева енергія	89
3.1.3. Температура	91
3.1.4. Освітлюваність.....	93
3.1.5. Взаємодія клімату та КЕЗТ	95
3.2. Моделювання росту насаджень.....	96
3.3. Визначення параметрів фотосинтезу	102
3.4. Алгоритм оцінювання ходу росту КЕЗТ з врахуванням рубок догляду та поновлення насаджень.....	104
3.5. Оцінювання забруднення ґрунту поліювантантами та седиментами.....	105
3.5.1. Калібрування функції показника стану ґрунту	109
3.5.2. Введення рівномірної шкали якості.....	112
3.5.3. Введення ймовірнісної комплексної оцінки.....	114
3.6. Висновки до розділу 3	115
РОЗДІЛ 4. ПРОЕКТУВАННЯ ТА ЗАХИСНА ЕФЕКТИВНІСТЬ КЕЗТ	117
4.1. Уточнення показників захисної ефективності КЕЗТ	117
4.1.1. Особливості фітоценотичної структури КЕЗТ ділянки колії Львів – Стрий.....	117
4.1.2. Парадимічна структура КЕЗТ	121
4.1.3. Геохімічний бар'єр КЕЗТ	124
4.1.4. Розподіл техногенних радіонуклідів в КЕЗТ	127
4.1.5. Екрануючий бар'єр звукових коливань КЕЗТ	129
4.2. Конструктивно-екологічна концепція КЕЗТ	136
4.3. Застосування інформаційної технології для дослідження якості процесу функціонування КЕЗТ	143
4.4. Висновки до розділу 4	150
ВИСНОВКИ	151
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	154

Додаток А. Карта-схема Українських залізниць	183
Додаток Б.1. Вплив структурних підрозділів залізниці на стан НПС	186
Додаток Б.2. Забруднення атмосферного повітря службами Львівської залізниці	187
Додаток В. Зв'язок ділянок захисних лісів з категоріями земель та видами угідь	190
Додаток Г. ТХР КЕЗТ ділянки колії Львів-Стрий.....	192
Додаток Д. Визначення коефіцієнтів методом найменших квадратів	207
Додаток Е.1. Розрахунок параметрів фотосинтезу деревної рослини на прикладі <i>Quercus robur</i>	211
Додаток Е.2. Обчислення параметрів фотосинтезу та видоспецифічних параметрів об'єму дерева	212
Додаток Є. Розрахунок запасу насадження в будь-який період часу	218
Додаток Ж. Флористична і ценотична характеристика рослинних угруповань КЕЗТ на ділянці колії Львів – Стрий.....	220
Додаток З. Закономірності розподілу есенціальних хімічних елементів у КЕЗТ	222
Додаток І. Закономірності розподілу ^{137}Cs ^{90}Sr в КЕЗТ	226
Додаток К. Акустичне забруднення ділянки колії Львів – Стрий	230
Додаток Л. Проект Національного стандарту України «Консорційні екотони захисного типу. Екологічні та захисні вимоги»	233
Додаток М. Акт впровадження результатів дисертаційної роботи	250
Додаток Н. Список публікацій здобувача за темою дисертації та відомості про апробацію результатів дисертаційної роботи.....	252

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

БГЦ – біогеоценоз

ГДЗ – гранично допустиме забруднення

ГДК – гранично допустима концентрація

ЕЗТ – екотони захисного типу

ЕН – екологічне нормування

ЗЛН – захисні лісові насадження

ІС – інформаційна система

КЕЗТ – консорційні екотони захисного типу

КФС – кібер фізична система

НПС – навколишнє природне середовище

ЛН – лісові насадження

МФБ – метод побудови функцій бажаності

ПЛК – природні ландшафтні комплекси

ТК – технічні комітети

ТХР – таблиці ходу росту

ЦК – ценотичні комплекси

ВСТУП

Актуальність теми. Вплив залізничного транспорту з його стаціонарними та пересувними джерелами забруднення НПС породжує багато проблем; оскільки, включає порушення стійкості ПЛК транспортною інфраструктурою шляхом розвитку ерозій і обвалів; забруднення атмосфери відпрацьованими газами; постійне зростання рівня забруднення ґрунту нафтопродуктами, полютаантами та седиментами, а також продуктами видування і осипання сипких вантажів (вугілля, руда, цемент тощо). Одним з важливих екологічних методів захисту НПС є використання екотонів – природних дискретних структурних одиниць рослинного покриву, які мають специфічні властивості, а саме, здатність захищати НПС від шуму, шкідливих речовин тощо, а залізничну колію від снігу, вітру, дії інших природно-кліматичних факторів. Сьогодні в Україні постає питання вирішення науково-технічного завдання вдосконалення нормативно-технічного забезпечення якості (захисної ефективності та життєздатності) функціонування КЕЗТ і гармонізація його з міжнародними стандартами.

Проведений аналіз нормативно-технічного забезпечення якості функціонування КЕЗТ підтвердив необхідність вдосконалення національних стандартів і подальшого розвитку наукових досліджень КЕЗТ та створення нових методів оцінювання якості функціонування КЕЗТ. Встановлено, що центральною проблемою тут є не тільки відсутність в достатній кількості технічних засобів обліку викидів та скидів забруднюючих речовин, а й сучасних норм обсягів цих видів забруднення.

Одним із глобальних підходів до підвищення якості функціонування КЕЗТ є модернізування вимог та норм, які ставляться до КЕЗТ, на основі міжнародних стандартів менеджменту якості та екологічного менеджменту. За таких умов актуальними постають питання щодо методів оцінювання

якості КЕЗТ, використання яких сприятиме підвищенню ефективності функціонування ІС моніторингу захисту НПС.

Проведення теоретичних та практичних досліджень з метою оцінювання та регулювання якості, вдосконалення нормативного забезпечення якості функціонування КЕЗТ є необхідним та актуальним. При цьому, важливим завданням сьогодення є розроблення критеріїв градації якості КЕЗТ, що дасть можливість об'єктивніше класифікувати призначення КЕЗТ та нормувати їх характеристики з урахуванням міжнародних екологічних та інших стандартів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана в рамках держбюджетної теми: «Морфологічні та генетико-популяційні засади формування наближеної до природи системи ведення лісового господарства України» (ДБ 08.09-01-12; 2012-2014 рр. № державної реєстрації 0112U003031); «Лісівничо-таксаційна та фітоценотична структура пралісів Українських Карпат, як модель організації екологічно орієнтованого лісівництва» (ДБ 08.08-06-13; 2013-2015 рр. № державної реєстрації 0113U001266) та госпдоговірної тематики ГД 08.07-17-12 «Розробка основних принципів та технологій відтворення лісової рослинності на існуючих ґрунтосумішах Яворівського сірчаного кар'єру» (2012 р., № державної реєстрації 0112U008142); ГД 08.07-21-12 «Опрацювання технології мікоризації саджанців дуба звичайного для вирощування екологічно стійких та високопродуктивних насаджень» (2013 р., № державної реєстрації 0113U003886).

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є вдосконалення нормативно-технічного забезпечення якості функціонування КЕЗТ та їх оцінювання на основі створення формалізованої моделі, розроблення методу оцінювання якості КЕЗТ та критеріїв градацій якості КЕЗТ для формування їх призначення та нормування характеристик за досліджуваними їх компонентами.

Для досягнення поставленої в роботі мети необхідно було вирішити такі завдання:

1. Проаналізувати історичні та методичні аспекти захисного лісорозведення.
2. Дослідити просторово-функціональну роль КЕЗТ на шляхах залізничного транспорту.
3. Вивчити нормативно-методичне забезпечення функціонування КЕЗТ та сформулювати модель системи підвищення якості КЕЗТ.
4. Розробити методи та засоби оцінювання, прогнозування якості функціонування КЕЗТ.
5. Уточнити показники захисної ефективності КЕЗТ.
6. Обґрунтувати конструктивно-екологічну концепцію КЕЗТ.
7. Запропонувати проект стандарту високоякісних КЕЗТ.

Об'єктом дослідження є процес оцінювання показників якості раціонального функціонування консорційних екотонів захисного типу;

Предметом дослідження є показники якості функціонування КЕЗТ, їх взаємозв'язок та методи оцінювання.

Методи дослідження. Польові вимірювання; аналітичні, числові, статистичні та комп'ютерні методи опрацювання інформації.

Наукова новизна отриманих результатів:

1. Оцінено залежність життєздатності насаджень за класами та категоріями від складу, конструкції, рубок та їх поновлення.

2. Вперше розроблено:

– узагальнені підходи до підвищення якості функціонування КЕЗТ та підвищення їх життєздатності на основі вивчення історії розвитку захисних лісових насаджень на залізниці та аналізу міжнародних стандартів серії ISO 9001:2015 та ISO 14001:2015;

– метод централізованого регулювання якості КЕЗТ, основою якого є залежності, що дозволяють оцінювати хід росту КЕЗТ з врахуванням рубок та поновлення насаджень;

– структуру кіберфізичної системи екосистемного моніторингу та аудиту КЕЗТ для визначення захисної ефективності та життєздатності КЕЗТ на шляхах залізничного транспорту.

3. Уточнено залежність коефіцієнта снігозанесення колії від параметрів КЕЗТ та вивчено шумопоглинальний ефект КЕЗТ.

Практичне значення отриманих результатів. Результати досліджень впроваджені у трьох Патентах України (Пат. UA 111249 С2, описує спосіб фіторизоремедіації девастрованих ґрунтів; Пат. UA 111392 С2, описує спосіб сільватизації корінних деревостанів та Пат. UA 111393 С2., що описує спосіб ризоремедіації девастрованих земель. Описані способи дозволяють формувати стійкі асоціації видів грибів – тих, які найчастіше трапляються в деревостанах та прилеглих до них ділянок у різних типа лісорослинних умов і здатних до трансформації широкого спектру органічних та неорганічних речовин-забруднювачів, які разом з симбіотичними грибами утворюють мікоризу з рослинами, що сприяє підвищенню концентрації гормону росту у рослин, сприяє кращому водопостачанні, збільшеній доступності поживних речовин, у т. ч. важко засвоюваних (фосфор, залізо), збільшенні сприйнятливої поверхні коріння і стимуляції його росту, підвищеній активній й пасивній стійкості до корневих патогенів (фітофтороз, суха гнилизна), кращому і рясному цвітінні, плодоношенні, формі та загальному вигляді рослини, зниженій сприйнятливості несприятливих умов росту: невідповідна кислотність, засолення, підтоплення, токсичні елементи тощо.

Результати наукових досліджень, щодо удосконалення та впровадження екосистемного принципу моніторингу за станом захисних лісонасаджень на шляхах залізничного транспорту можуть бути використані в роботі державних та приватних Лабораторних центрах, що підтверджується актом впровадження.

Усі результати реалізації підтверджено відповідними актами про впровадження та використання.

Особистий внесок здобувача. Основні теоретичні і практичні результати отримано автором самостійно. У роботах, які опубліковано у співавторстві, здобувачеві належать такі результати: у роботах [63, 118, 121] проаналізовано еколого-фітоценотичну структуру ЗЛН на шляхах залізничного транспорту, та встановлено основні екологічно–таксаційні

показники, що дозволяють класифікувати їх, як КЕЗТ, в роботах [119, 122, 123, 155, 190] досліджено основні показники якості процесу функціонування КЕЗТ, у роботах [255, 256, 257] запропоновано класифікувати КЕЗТ за ознаками профільності, у роботах [141, 124, 191] досліджено методи та засоби оцінювання та прогнозування якості функціонування КЕЗТ, у роботах [125, 156] встановлено умови функціонування та проектування КЕЗТ, як біоінженерних споруд із заданими параметрами захисту, у роботах [201, 202, 203] запропоновано спосіб поновлення КЕЗТ з урахуванням граничного забруднення на шляхах залізничного транспорту, у роботах [143, 142, 193, 194, 253] запропоновано структуру та алгоритм управління якістю функціонування КЕЗТ.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати дисертаційної роботи представлені та обговорені на 17 міжнародних науково-практичних конференціях, 3 всеукраїнських науково-практичних конференціях, 2 міжнародних конгресах, 1 науково-технічній конференції студентів, аспірантів НЛТУ України, студентів коледжів та слухачів Малої лісової академії, 2 екологічних форумах.

Публікації. Основні положення та результати дисертаційної роботи опубліковано в 40 наукових працях, зокрема у 9 статтях, опублікованих у наукових виданнях, які внесені до списку фахових видань України та до міжнародних наукометричних баз даних, а також 1 колективну монографію, як результат міжнародної співпраці, 3 патентах України на винахід, а також у 27 працях – матеріалах міжнародних науково-технічних-конференцій, з яких – 7 одноосібні.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел зі 298 найменувань та 16 додатків. Обсяг основної частини складає 182 сторінок, загальний обсяг – 259 сторінки. Робота містить 10 таблиць і 41 рисуноків.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ НОРМАТИВНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ КЗТ

1.1. Історичні та методичні аспекти захисного лісорозведення

ЗЛН відіграють важливу роль в діяльності залізниць України та виконують ряд функцій, насамперед, це частина складного інженерного комплексу колійного господарства залізниць, інженерна споруда, яка захищає земляне полотно від ерозії ґрунтів, залізничні колії від занесення снігом і піском під час хуртовин і сильних поривів вітру [133, 133]. Також, комплекс лісонасаджень захищає лінії електрозабезпечення, зв'язку від ожеледі, значно зменшує вітрову протидію руху потягів, що дозволяє раціональніше використовувати енергетичні ресурси [131]. ЗЛН захищають прилеглі до залізниць агроценози, від антропогенного впливу залізничного транспорту та наслідків можливої аварії на залізницях, відмежовують територію забруднення у разі розливів, розсипів, вивітрювання вантажів з рухомого складу [126].

1.1.1. Еволюція методів та засобів захисного лісорозведення на шляхах залізничного транспорту

Ідея використання лісової рослинності для захисту залізниць від снігових заметів виникла та почала втілюватись у другій половині XIX ст. на Московсько-Нижньгородській залізниці, де у 1861 р. вперше були висаджені дворядні живоплоти з ялини [146]. У 1877 р. на тодішній Курсько-Харківсько-Азовській залізниці біля ст. Микитівка М.К. Серединський посадив перші ЗЛН з листяних порід [147]. В Україні перша залізниця була побудована в напрямку Одеса – Балта в 1865 р., а до 1870 р. були побудовані залізниці Київ – Курськ, Київ – Балта, а також перший залізничний міст через р. Дніпро [82]. Проблема забезпечення нормального функціонування залізничного транспорту в зимовий період виникла з самого початку розвитку вітчизняної залізничної мережі. Надходили повідомлення про порушення нормального залізничного сполучення взимку з Франції, Австрії, Швеції, Швейцарії та інших країн

Європи, а також США [6, 110]. Цим і була зумовлена необхідність розширення робіт щодо захисту колії від снігових заметів, оскільки, пересувні дерев'яні щити, які використовувались досі, не давали потрібного ефекту [90].

Українська лісівнича наука пройшла складний шлях розвитку агротехніки лісокультурних робіт [34]. Для успішного вирощування ЗЛН у малозаліснених південних районах великого значення набуває використання накопиченого в цій справі досвіду українських науковців та дослідників І.Я. Данилевського, В.Я. Ломиковського, В.П. Скаржинського, В.Є. Граффа та ін. [22]. Залізничне відомство того часу почало активно займатись смужним лісорозведенням. Створення перших ЗЛН вздовж залізниць в степових умовах пов'язано з іменем харківського ботаніка М.К. Срединського [127]. Загалом, до кінця XIX ст. на залізницях було створено близько 3,2 тис. км листяних смуг та 3,0 тис. кілометрів ялинових живоплотів [90].

З 1922 р. роботи з створення ЗЛН вздовж залізниць відновились і до 1940 р. на території тодішнього СРСР було створено 69 тис. км захисних смуг [75]. У 1922 р. проф. М.І. Сус запропонував створювати широкі лісові смуги з цикловим розміщенням дерев і чагарників, де ряди дерев чергувались би з рядами чагарників [23]. Професор М.М. Степанов розробив ідею вирощування густих лісосмуг та обґрунтував асортимент порід за ґрунтово-кліматичними зонами, зокрема і для України [35].

У довоєнний період вирощуванням та експлуатацією захисних лісонасаджень займались районні контори живого захисту, в 1950 р. були організовані ЛЗС. У 1955 р. ЛЗС та райконтори були реорганізовані в дистанції захисних лісонасаджень, діяльність яких продовжується дотепер [82].

Захисне лісорозведення на залізничному транспорті до початку 50-х років минулого століття мало пробно-практичний характер [179]. Наукою не був ще виявлений функціональний зв'язок між інтенсивністю хуртовини, динамікою відкладення хуртовинного снігу за зиму і конструктивними параметрами насаджень, які визначають їх аеродинамічні та снігозатримні властивості.

Значний внесок у розвиток захисних лісонасаджень залізниць зробив О.Я. Самарцев, який запатентував систему вирощування різновікових з

біологічним регулюванням щільності захисних лісонасаджень безперервної дії – лісопульсарів. За О.Я. Самарцевим, для забезпечення високої надійності виконання снігозахисними насадженнями своїх функцій повинен діяти як «зелений конвеєр» лісомеліоративного комплексу [128]. Цього можна досягнути за системою різновікових саморегулювальних захисних лісонасаджень. Система «лісопульсар» ґрунтується на таких положеннях:

- ЗЛН – це не аналог природного лісу, а біологічний захист з функціями інженерних споруд, з певними аеродинамічними властивостями;
- ЗЛН – саморегулювальні екологічні лінійні ланки – системи, для яких притаманні біологічна наповненість та аеродинамічна достатність у різні вікові періоди;
- система ЗЛН – своєрідний «зелений конвеєр» лінійних екологічних ланок, які своєчасно змінюють один одного через певні проміжки часу;
- ротація складових лінійних ланок систем, які планово замінюються в економічно та біологічно доцільні терміни [220].

ЗЛН вздовж залізниць України розміщені на площі близько 93 тис. га, що становить майже 40 % загальної площі залізниць. Зокрема, Донецька залізниця утримує близько 17,7 тис. га захисних лісонасаджень різного призначення, Львівська – 10,8 тис. га, Одеська – 17,7 тис. га, Придніпровська – 12,4 тис. га, Південно-Західна – 20,4 тис. га, Південна залізниця – 13,5 тис. га [169].

Залізничний транспорт в Україні на сучасному етапі розвитку суспільних відносин представлений розгалуженою мережею 6 залізниць (Львівська, Донецька, Придніпровська, Південна, Південно-Західна, Одеська, див. Додаток А, рис. А.1), загальною протяжністю 22,5 тис. км [131], в межах яких розміщені 27 дирекцій залізничних перевезень, 1684 станції, 126 основних вокзалів, 68 основних та 34 оборотних локомотивних депо, 110 дистанцій колії, 51 вантажне вагонне депо, 16 пасажирських вагонних депо і, таким чином, займає 4-те місце в Європі після Німеччини, Франції та Польщі [64].

Для забезпечення перевізного процесу на мережі 6 залізниць (Додаток А, рисунок А.2) розміщені 1684 станції, 68 основних і 34 оборотних локомотивних депо, 51 вантажне вагонне депо, 16 пасажирських вагонних депо, 110 дистанцій

колії, 23 механізованих дистанції вантажно-розвантажувальних робіт, 38 ПМС, 37 дистанції цивільних споруд, 69 дистанцій сигналізації та зв'язку, 43 дистанції електропостачання та інші підприємства, чия виробнича діяльність пов'язана з різними видами впливу на довкілля та екологічну безпеку на залізничному транспорті [54].

1.1.2. Вплив залізниці на компоненти довкілля та механізми функціонування ЗЛН

Залізничний транспорт постійно впливає на НПС. Рівень впливу може лежати в допустимих рівноважних і кризових межах. На долю залізничного транспорту припадає 75% вантажообігу та 40% пасажирообігу [68]. Такі обсяги робіт пов'язані з великим споживанням природних ресурсів і, відповідно, викидами та скидами забруднюючих речовин в НПС.

Розрізняють залізничні шляхи: загального користування, промислові залізниці (під'їзні шляхи підприємств і організацій) і міські залізниці – метрополітен і трамвай (Додаток А, рисунок А.3). Для екологічної системи та природного ландшафту шляхи залізничного транспорту є чужорідним елементом із заданими технічними й екологічними показниками штучно пристосованими до рухомого складу залізниці. Вплив залізничного транспорту на стан НПС обумовлено будівництвом залізниць, виробничо-господарською діяльністю підприємств, експлуатацією й спалюванням палива (Додаток Б.1, рисунок Б.1). Однак, масштаби впливу на НПС порівняно з іншими засобами перевезень значно менші. Це пояснюється такими основними причинами [134]:

- низькою питомою витратою палива на одиницю транспортної роботи (менша витрата палива обумовлений більш низьким коефіцієнтом опору коченню при русі колісних пар рейками в порівнянні з рухом автомобільних шин на дорозі);
- широким застосуванням електричної тяги;
- меншим відчуженням земель під залізні дороги в порівнянні з автошляхами.

Стан НПС при взаємодії з об'єктами залізничного транспорту залежить від інфраструктури з будівництва залізниць, виробництва рухомого складу, виробничого устаткування і інших пристроїв, інтенсивності використання рухомого складу і інших об'єктів на залізницях, результатів наукових досліджень і їх впровадження на підприємствах та об'єктах галузі [105].

Характер впливу на стан НПС залізничним транспортом має два аспекти:

- використання залізничним транспортом природних ресурсів;
- транспортне забруднення середовища.

Залізничний транспорт впливає на НПС як великий споживач паливних, лісових і земельних ресурсів, мінеральних і будівельних матеріалів (Додаток Б.2, таблиці Б.1 та Б.2, рисунки Б.3 – Б.5). Структура негативного впливу залізничного транспорту на НПС включає:

- порушення стійкості природних ландшафтів транспортною інфраструктурою шляхом розвитку ерозій і зсувів;
- забруднення атмосфери відпрацьованими газами;
- постійний ріст рівня забруднення ґрунту нафтою, поллютантами, седиментами, продуктами видування й опадання сипучих вантажів (вугілля, руда, цемент).

В цілому, чинники впливу об'єктів залізничного транспорту на НПС можна класифікувати за такими ознаками [93]:

- механічний вплив (тверді відходи, вплив дорожньої техніки на ґрунт);
- фізичний вплив (теплове випромінювання, електромагнітні поля, ультра і інфразвук, вібрація, радіація);
- хімічний вплив (кислоти, луги, солі металів, вуглеводні, фарби і розчинники, пестициди);
- біологічний вплив (макро- і мікроорганізми, бактерії, віруси);
- естетичний вигляд (порушення ландшафтів, осушення, заболочування).

Одні фактори можуть діяти на природу довготривало, інші – порівняно недовго, короткочасно і миттєво. Одним із механізмів функціонування ЗЛН на залізниці є очищення атмосфери від забруднювачів механічною протидією повітряним потокам. Знижуючи швидкість вітру в приземному шарі, дерева й

кущі перешкоджають поширенню пилу, вуглекислого газу, різних за складом токсикантів тощо, які на відкритих територіях здатні мігрувати під дією повітряних потоків на десятки кілометрів від джерела забруднення [127].

Фільтруючий механізм ЗЛН полягає у поглинанні частини шкідливих речовин листям рослин у процесі фотосинтезу [52]. Деяка кількість шкідливих речовин розсіюється кронами дерев у верхні шари атмосфери, частина осідає у смузі, а решта – потрапляє на прилеглі території. Встановлено, що основними забруднювачами довкілля на залізниці є солі важких металів, серед яких одним із найпоширеніших і найтоксичніших є свинець, що здатен накопичуватися у рослинах понад критичні норми [13].

Один гектар ЗЛН знижує загальну забрудненість повітря на 10-35 % та забезпечує зниження температури і вологості повітря у прилеглій до залізничного полотна зоні на 10-15 %. Смуга деревно-чагарникових насаджень шириною 25-30 м знижує рівень концентрації вуглекислого газу на 70 %; поглинає 75-80 кг фтору, 200 кг сірчаного газу, 30-70 т пилу [67].

ЗЛН є винятковим засобом підтримання екологічної рівноваги, стабілізації збалансованої взаємодії основних екологічних систем біосфери. За стійкістю і пристосованістю до змін зовнішніх умов вони перевершують усі інші екосистеми та є екологічним чинником великого значення в охороні НПС на шляхах залізничного транспорту.

1.1.3. Інтероперабельність системи ЗЛН

Інтероперабельність (експлуатаційна сумісність) означає здатність транс'європейської залізничної системи забезпечити безпечний та безперешкодний рух потягів із забезпеченням відповідного рівня продуктивності [39]. Ця здатність базується на дотриманні нормативних, технічних та експлуатаційних умов.

Технічні стандарти і єдині технічні приписи щодо всіх залізничних транспортних засобів регламентуються додатками до Конвенції про міжнародні залізничні перевезення (КОТІФ) від 9 травня 1980 року, які також діють і в Європейському Союзі, оскільки всі країни – члени ЄС приєдналися до

зазначеного нормативного акту [100]. Ці Єдині правила установлюють процедуру затвердження технічних стандартів і прийняття єдиних технічних настанов для залізничного обладнання, призначеного для використання в міжнародному сполученні. Технічний стандарт означає будь-яку технічну специфікацію, затверджену національною або міжнародною організацією зі стандартизації згідно з її процедурами [298]. Будь-яка технічна специфікація, розроблена в рамках ЄС, прирівнюється до технічного стандарту. За можливості слід забезпечувати експлуатаційну сумісність систем і технічних складників, необхідних для гармонійної роботи залізничних систем п'яти існуючих в Європі видів.

Приєднавшись до КОТІФ та Додатка Р до КОТІФ, Україна, відповідно, взяла на себе зобов'язання привести технічні стандарти залізничної транспортної галузі у відповідність з міжнародними, які установлюються Конвенцією про міжнародні залізничні перевезення. Технічні стандарти, які стосуються залізничної інфраструктури в цілому, зараз знаходяться в процесі модернізації відповідно до міжнародних стандартів.

ЗЛН створюють за індивідуальними проектами, розробленими проектними організаціями на основі матеріалів польових вишукувань і необхідних технічних та кошторисно-фінансових розрахунків. Зміни та відхилення від проекту мають погоджуватися з проектувальниками і затверджуватися начальником дистанцій ЗЛН. Усі види лісонасаджень (за винятком загороджувальних, протиабразійних, і озеленувальних) необхідно створювати найбільш вітропродувними по всьому вертикальному профілю від агроценозу і вітронепродувними від колії, середня частина займає проміжне місце.

1.2. Просторово-функціональна роль КЕЗТ

Сукупність конструкції ЗЛН на залізничних шляхах функціонують як єдина система або лісомеліоративний комплекс – консорція, що виконує функції екологічного каркасу, де елементи та підсистеми взаємодіють, забезпечуючи синергічний ефект [219]. Уявлення про консорцію виникло в 50-х роках ХХ ст. завдяки працям В. М. Беклемишева [11] та Л. Г. Раменського [197], який уперше

дав визначення консорції як елементарної одиниці функціонування структури БГЦ [189]. Пізніше в цьому напрямі працювали багато дослідників [43]. На сьогоднішній день серед українських учених найбільший внесок у вивчення консортивних зв'язків зробив Й. В. Царик [240 – 249].

У 1905 році американський геоботанік і еколог Ф. Клеметсон запропонував біологам та екологам використовувати термін «екотон». У подальшому це зафіксовано у наукових комісіях *SCOPE*, де екотон визначено як зону переходу між сусідніми екологічними системами.

У зарубіжних природознавчих виданнях термінам «екотон» і «геоекотон» приділено достатньо уваги. Аналітичний огляд цих видань представлений у працях Т.В. Бобри [16, 17, 18], М.Д. Гродзинського [51], П.М. Дем'янчука [57, 58], та Г.І. Денисика [55, 56]. Однак, відсутні дослідження стосовно їх екологічних функцій [139, 140].

Створення системи ЕЗТ – один із найбільш інноваційних шляхів забезпечення стійкості антропогенно змінених екосистем, зокрема, підвищення їх буферності за рахунок часткового відтворення лісових БГЦ, які є невід'ємною складовою природних ландшафтів, а також уведення консорцій таких екотонів в інтразональні для них плакорні лісотипологічні умови, що дозволить забезпечити екологічну безпеку на шляхах залізничного транспорту використовуючи виключно природні механізми захисту НПС [101, 117].

1.2.1. Система просторової структури КЕЗТ

Одним з важливих кроків на шляху до зменшення або усунення антропогенного впливу на НПС відповідно до національної екологічної стратегії України є формування екологічно збалансованої системи природокористування на основі екологічно безпечних технологій на транспорті. Тому, важлива роль у механізмі зменшення та нейтралізації такого впливу в перспективі повинна належати формуванню високопродуктивних фітокомплексів з потужним потенціалом до фітостабілізації та фітоекстрації забруднених ґрунтів. На сьогоднішній день захист від снігових і піщаних занесень, селєвих потоків, лавин, обвалів, осипів, ерозії ґрунту здійснюють ЗЛН

уздовж залізничних магістралей, що на шляхах залізничного транспорту набули ознак КЕЗТ [181]. ЗЛН призначені, насамперед, захищати залізничні шляхи від несприятливої аеродинамічної дії та забезпечувати нормальний, безперебійний рух рухомого складу залізниці у будь-яку пору року [183].

Головним принципом створення та функціонування ЗЛН залізниці є забезпечення безперервності й постійності захисної, природоохоронної, санітарно-оздоровчої та естетичної функції на шляхах залізничного транспорту [252].

КЕЗТ – це захисні насадження, які за своїм головним призначенням поділяють на снігозатримувальні (снігозахисні), вітрозахисні, загороджувальні, піскозахисні, протиерозійні, ґрунтозакріплювальні, водоймо захисні, водорегулювальні, озеленювальні, санітарно-гігієнічні, шумозменшувальні, протиабразійні [147 стор. 11].

ЗЛН по-різному впливають на мікроклімат – це, перш за все залежить від конструкції лісових смуг, тобто будови поздовжнього профілю лісової смуги в залісненому стані, що визначає її аеродинамічні властивості. Повздовжнім профілем ЗЛН називають фронтальний вигляд вздовж лісосмуги [135].

За конструкцією смуги бувають щільні, ажурні, продувні і ажурно-продувні (таблиця 1.1) [155, 156].

Таблиця 1.1 – Характеристика ЗЛН насаджень різної конструкції

Конструкція	Характеристика повздовжнього профілю захисних лісових насаджень		
	За наявністю і розподілу просвітів	За площею просвітів,%	
		Між стволами	В кронах
1	2	3	4
Продувна	Великі просвіти між стволами і практично без просвітів в кронах	Більше 60	0-10
Ажурна	Дрібні, рівномірні просвіти по всьому профілю	15-35	15-35
Ажурно-продувна	Дрібні просвіти по цілому профілю	60	15-30

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4
Непродувна	Практично без просвітів по всьому профілю	0-10	0-10

Непродувна (щільна) смуга не має просвітів по всьому подовжньому профілю. Смути, як правило, складаються з головної, супутньої і чагарникових порід. Насадження, як правило, багатоярусні, однак можуть бути і простими. Основна маса потоків вітру та снігу обтікає смугу зверху, через неї проходить не більше 10% снігу і вітрового потоку [36].

Смути ажурної конструкції мають рівномірно розташовані просвіти площею 15-30 % по всьому подовжньому профілю. Ширина таких смуг 15-20 м; насадження складні. Основна частина потоку снігу і повітря проходить через смугу ажурної конструкції, а решта обтікає її зверху [178].

Продувна конструкція складається з смуг, які в нижній частині подовжнього профілю мають просвіти між деревами площею більше 60%. Площа просвітів між стовбурами більше 60% в кронах – 15% [142]. Ширина таких лісових смуг 15-20 м; насадження двоярусне, без підліску або з низьким чагарником. Основна частина потоку повітря проходить через нижню частину такої смуги, а решта обтікає її зверху.

Смути ажурно-продувної конструкції мають рівномірно розташовані просвіти площею 60% в нижній частині подовжнього профілю і площею 15-30% у верхній частині крон [157].

До несприятливих природних факторів, що найчастіше впливають на шляхи залізничного транспорту, відносять снігові замети, піщані та пилові наноси, сильні вітри, процеси водної ерозії та абразії (рисунок 1.1).

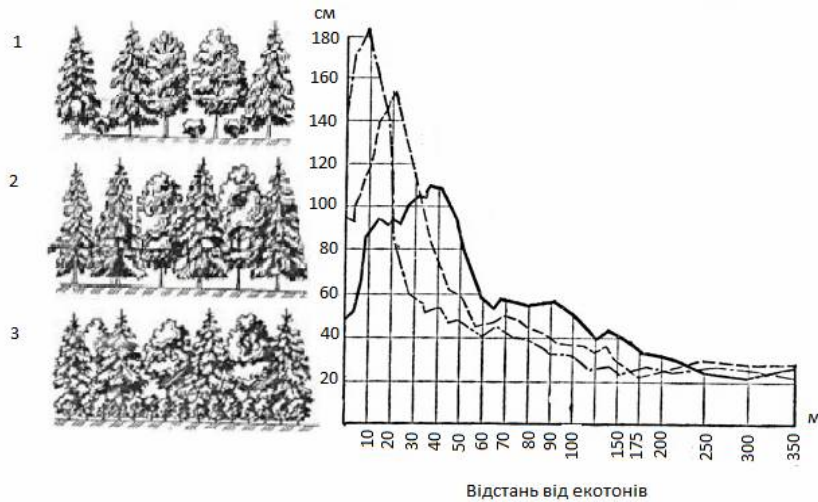


Рисунок 1.1 – Накопичення снігу в залежності від конструкції екотону:

1 – продувна; 2 – ажурна; 3 – непродувна [212]

Снігозатримувальні лісові смуги створюють для затримання всього об'єму снігу, що приноситься до залізничних шляхів з навколишніх територій. Вони є одним із найбільш поширених видів ЗЛН на шляхах залізничного транспорту. Снігозатримувальні насадження проектують на затримання розрахункового об'єму перенесення снігу за зиму ($\text{м}^3 \text{ пог. м}^{-1}$), що визначається за даними метеорологічних спостережень для конкретного району [144].

Системи лісових смуг всіх конструкцій в цілому позитивно впливають на розміщення снігу, оскільки у відкритій місцевості сніг здувається в мікропониження і гідрографічну мережу, переміщуючись на відстань до 2-3 км від місця випадання. Лісові смуги різних конструкцій надають різний вплив на розміщення снігу. Найбільш ефективні ажурно-продувні смуги, які на відміну від смуг інших конструкцій менше затримують сніг всередині смуги і більш рівномірно розподіляють його на міжполосних ділянках. Довжина сніжного шлейфа на завітряній стороні досягає 12-15 Н (Н – захисна висота насадження). У непродувних лісових смугах утворюються замети висотою до 3-4 м і більше з короткими шлейфами у бік поля (не більше 5-6Н) [220]. За шлейфами тут виникають безсніжні або малосніжні зони видування. Снігозатримуючий вплив непродувних лісових смуг може бути використано для тих видів насаджень, які призначені для захисту певних об'єктів від снігових заметів.

Вітрозахисні лісові смуги закладають з метою уповільнення швидкості вітру і послаблення його негативної дії в зоні руху рухомого складу залізниці, а також для захисту від обривів повітряних електромереж та мереж зв'язку, що проходять уздовж залізничних шляхів [223].

З позицій аеродинаміки вітроломний ефект ЗЛН як просторових ґратів полягає в гальмуванні швидкості та трансформації турбулентності вітрових потоків на відстань $5H$ з навітряного боку і $25H$ – із завітряного. Зона впливу $30H$ прийнята як критерій для створення системи ЗЛН [200]. Вітроломні функції найкраще виконують вузькі (до 15 м) лісові смуги продувної та слабо ажурної конструкції з коефіцієнтом продувності 0,3–0,4, розташовані впоперек потенційно небезпечних вітрів (рисунок 1.2) [185, 185].

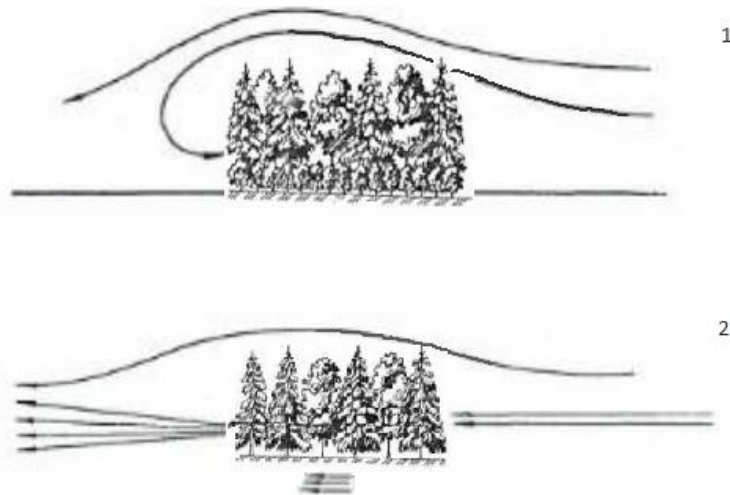


Рисунок 1.2 – Проходження вітру через захисну смугу [136]:

1 – щільну, непродувну; 2 – продувну

Простежується тісний взаємозв'язок між аеродинамікою (зниження швидкості вітру) та об'ємом ($V \text{ м}^3 \cdot \text{м}^{-1}$) затриманого снігу: чим більший сумарний вітрозахист, тим більший об'єм затриманого снігу [222]. Характер затримання снігу – це дзеркальне відображення зниження швидкості вітру (рисунок 1.3).

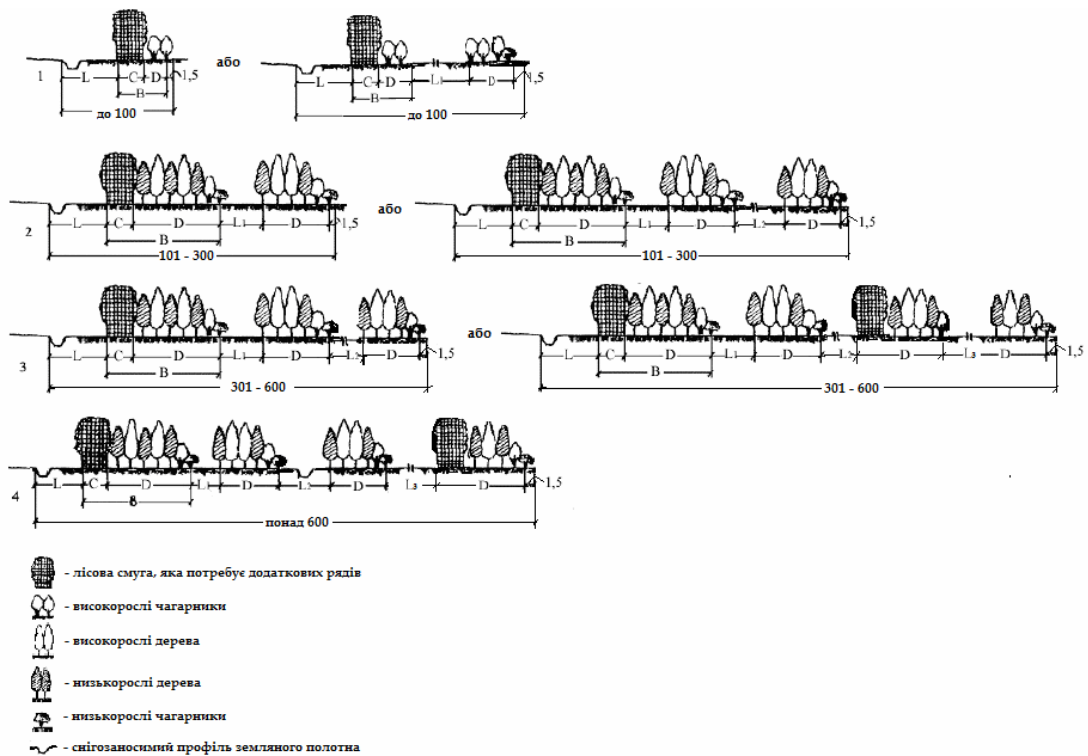


Рисунок 1.3 – Типові схеми снігозатримувальних насаджень
за об'ємами снігоприносу [38, 125]

1 – до $100 \text{ м}^3/\text{м}$; 2 – $101-300 \text{ м}^3/\text{м}$; 3 – $301-600 \text{ м}^3/\text{м}$; 4 – понад $600 \text{ м}^3/\text{м}$;
 L – відстань до захисної смуги; $L_{1,2,3}$ і т.д. – відстань до допоміжної захисної
 смуги; B – загальна ширина захисної смуги; C – ширина щільної частини
 захисної смуги; D – ширина деревно-чагарникової частини захисної смуги.

Снігозатримувальну здатність насадження оцінюють за коефіцієнтом снігозанесення колії, який вказує на відношення максимально можливої висоти сніговідкладань до середньої висоти деревних порід верхнього ярусу. У молодих порід його треба приймати 0,75.

Нормативи середньої висоти різних деревних порід верхнього ярусу лісосмуг, якими треба керуватися при прийманні та здаванні молодих насаджень у експлуатацію, розраховані на основі діючих нормативів відкладання снігу в середині насаджень і коефіцієнта снігозанесення, рівного за формулою [76]:

$$H_n = \frac{h_p}{K} \quad (1.1)$$

де h_p – розрахункова висота сніговідкладання.

Розрахункова швидкість вітру під впливом послаблення КЕЗТ u_p з урахуванням послаблення повітряного потоку визначається за формулою:

$$u_p = u_0 \cdot k_i(1 - p) \quad (1.2)$$

де, u_0 – швидкість вітру, характерна для даного району (визначається за даними метеостанції); p – коефіцієнт, що характеризує ступінь послабленості напору повітряного потоку залежно від співвідношення H_1/L_1 H_1 – перевищення висоти насаджень над залізничною колією; L_1 – відстань від залізничної колії до насаджень; k_i – коефіцієнт послаблення, який залежить від метеорологічних умов та конструкції смуги та визначається експериментально: індекс i ($i = 1, 2, 3, 4$) вказує, що конструкція насадження відповідно: щільна (1), ажурна (2), продувна (3), ажурно-продувна (4) [37].

На ерозійно небезпечних землях крутістю понад $2(3)^\circ$ розміщення ЗЛН і їх меж має бути підпорядковане принципам контурно-меліоративної організації території з відповідними ґрунтозахисними агротехнологіями та протиерозійними гідротехнічними спорудами, що зводять ризики розвитку ерозії ґрунтів до мінімуму [40].

Піско- та пилозатримувальні насадження слугують для затримання продуктів вітрової ерозії ґрунтів. На ділянках залізничних шляхів із сильно вираженими процесами вітрової ерозії забруднюється баластна призма колії, засипаються кювети, на залізничних коліях це може призводити до пошкодження диспетчерської сигналізації [20]. Для закріплення пісків поряд із механічними захистами у зоні відведення широко використовують і різні фітомеліоративні покриви. Зокрема, створення і вирощування лісомеліоративних насаджень у зоні відводу залізниці проводять за тією самою технологією, що і під час заліснення і закріплення пісків у конкретних природно-кліматичних умовах. Оскільки, пил і пісок відкладаються уздовж всієї ділянки залізничного полотна, то ЗЛН необхідно створювати за будь-яких форм його профілю. При цьому потрібно також застосовувати заходи, спрямовані на збереження наявного ґрунтового покриву (рисунок 1.4).



Рисунок 1.4 – Схема газопилезахисних насаджень вздовж залізничної колії [76, 136]:

1-ряд від залізничної колії – низький чагарник; 2-ряд від залізничної колії – високий чагарник; 3-ряд від залізничної колії – супутня деревна порода; 4-ряд від залізничної колії – головна деревна порода; 5-ряд від залізничної колії – супутня деревна порода; 6-ряд від залізничної колії – високий чагарник

Протиерозійні насадження створюють для закріплення укосів, запобігання розмивам, зсувам і обвалам, що загрожують залізничні шляхи. Такі явища особливо притаманні районам із хвилястим і гірським рельєфом. Для їх запобігання створюють протиерозійні ґрунтозакріплювальні насадження із деревних і кущових порід, які характеризуються глибинними, потужними і добре розгалуженими кореневими системами (рисунок 1.5).

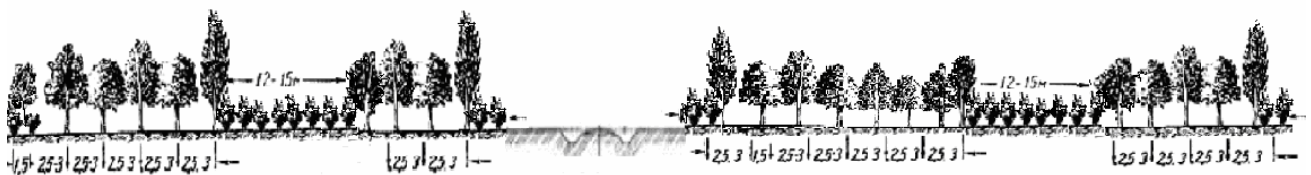


Рисунок 1.5 – Схема вертикальної структури захисних лісонасаджень на ділянці колії Львів-Стрий

Кумулятивна здатність КЕЗТ відзначається комплексним впливом на довкілля і має середовищестабілізуючі та середовищеутворюючі функції [190]. При системному і збалансованому просторовому розміщенні можливо досягти істотних позитивних впливів на прилеглі території. Тому, важливим є встановлення потенційної площі КЕЗТ на основі ландшафтно-екологічних

методів, що забезпечить максимальну ефективність дії у часі й просторі та матиме значний синергетичний ефект.

1.2.2. Екотонний ефект

В екотонах простежується екотонний ефект (*ekotone effect*), який виявляється у підвищенні видового населення внаслідок перекриття екологічних амплітуд видів різних систематичних груп організмів [29, 84, 271]. З огляду на важливість проблем екотонів Ю. Одум [164] присвятив цьому питанню окремий розділ фундаментальної книги «Основи екології». Зокрема, він зазначив, що в широких екотонах можуть траплятися організми, які не властиві жодному з угруповань, що межують між собою. Такі організми отримали назву примежових. Окрім того, в екотонах змінюється не лише чисельність організмів, а й їхня поведінка та фізико-хімічна характеристика ґрунтів, тобто виявляється «крайовий ефект». Найдосконаліше «крайовий ефект» описаний для птахів наземних екосистем [53].

Просторово-функціональна роль ЕЗТ на шляхах залізничного транспорту є домінантою в оптимізації їх компонентів, оскільки розміщення та розміри насаджень мають бути підпорядковані вітроломному ефекту та напряду шкідливих для залізничних шляхів та прилеглих агроценозів вітрових потоків (суховійні, дефляційні, хуртовинні тощо).

У системі КЕЗТ відмічається ефект синергізму щодо впливу на трофотопи та геохімічні процеси в ландшафтах. Всередині фітоценозу КЕЗТ відбувається розвиток тісного зв'язку в межах мезоекосистеми: насадження забезпечують необхідні умови існування для різноманітних живих організмів, які, в свою чергу, взаємодіючи з ґрунтовим покривом розмножуються і розвиваються. Так створюється і зв'язок між фітоценозом КЕЗТ і ґрунтом: відбувається кругообіг поживних речовин, які необхідні для життя рослин (солі азоту, фосфору калію тощо) [180].

Структура та склад фітоценозу КЕЗТ залежить від взаємовідносин рослин між собою та з навколишнім середовищем, яке складається з комплексу абіотичних, біотичних, антропогенних чинників [145]. З кожним із елементів

системи у залізничного транспорту є прямі та зворотні зв'язки, а також певні обмеження по використанню природних комплексів, природних, трудових та фінансових ресурсів.

Якщо виразити об'єкти залізничного транспорту $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, КЕЗТ $y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$, а зв'язки, що виникають між ними $k_1, k_2, k_3, \dots, k_n$, тоді, якість стану НПС на шляхах залізничного транспорту (N) в будь-який момент часу (t) можна виразити функціональною залежністю [184]:

$$Nt = \Phi[x(t), y(t), k(t)] \quad (1.3)$$

Надходження забруднень від об'єктів залізничного транспорту $\frac{dP_{МЗТ}}{dt}$ та інших об'єктів регіону $\frac{dP_{фон}}{dt}$ обмежується самоочищувальною здатністю природного середовища $\frac{dP_{самооч}}{dt}$, що виражається формулою:

$$\frac{dP_{фон}}{dt} + \frac{dP_{МЗТ}}{dt} \leq \frac{dP_{самооч}}{dt} \quad (1.4)$$

Відмінність параметрів екологічних факторів КЕЗТ від ЗЛН, притаманних суміжним екосистемам, є умовою формування специфічних ценозів та змін у структурі популяцій, зокрема, в КЕЗТ можуть формуватися специфічні, притаманні лише їм популяції рослин і тварин, або скластись така ситуація, коли частина популяції перебуває в одному угрупованні, друга – у іншому, а третя – в екотоні [66].

1.3. Нормативно-методичне забезпечення функціонування КЕЗТ на шляхах залізничного транспорту

1.3.1. Законодавчі та нормативно-методичні документи, що регламентують функціонування КЕЗТ

Згідно ст. 68 Земельного Кодексу України, до земель залізничного транспорту належать землі, зайняті смугами відведення залізниць, землі під захисними та укріплювальними насадженнями залізниць [79]. Таким чином, зелені насадження на смугах відведення залізниць розміщені на землях транспорту.

Загальний порядок розроблення, затвердження та виконання прогнозних і програмних документів економічного і соціального розвитку, а також права та відповідальність учасників державного прогнозування та розроблення програм економічного і соціального розвитку України встановлюються Законом України «Про державне прогнозування та розроблення програм економічного і соціального розвитку України» від 23 березня 2000 року [191, 192]. Відповідно до ст. 14 зазначеного Закону програми розвитку галузей економіки розробляються з метою реалізації державної політики щодо регулювання розвитку цих галузей економіки, концентрації фінансових, матеріально-технічних та інших ресурсів, виробничого й науково-технічного потенціалу країни, а також координації діяльності центральних і місцевих органів виконавчої влади та органів місцевого самоврядування, підприємств, установ, організацій і громадян для вирішення найважливіших проблем галузі. Тож, планування використання земель залізничного транспорту повинно здійснюватися також з метою визначення довгострокової перспективи розвитку залізниць на основі зазначених соціально-економічних програм, земельпорядної, містобудівної, природоохоронної та іншої документації.

Здійснення функцій щодо розпорядження землею як органами виконавчої влади, так і органами місцевого самоврядування, відповідно до ст. 50 Конституції України, неможливе без наявності повної достовірної та своєчасної інформації про землю. Отримання необхідної інформації неможливо без обліку земель, який забезпечується веденням земельного кадастру. Тому, окрему групу матеріальних земельно-правових норм, які потребують своєї реалізації, становлять норми, що визначають порядок ведення державного земельного кадастру [73]. Відповідно до ст. 193 Земельного кодексу державний земельний кадастр – це єдина державна система земельно-кадастрових робіт, яка встановлює процедуру визнання факту виникнення або припинення права власності й права користування земельними ділянками та містить сукупність відомостей і документів про місце розташування та правовий режим цих ділянок, їх оцінку, класифікацію земель, кількісну і якісну характеристику, розподіл земель серед власників землі та землекористувачів [78].

В. І. Андрейцев серед особливостей правового режиму використання та охорони земель транспорту і, зокрема, земель залізничного транспорту, слушно виділяє наявність чіткої нормованості земельних ділянок [4].

При цьому, вважаємо справедливою точку зору А. М. Мірошніченка, який визначає земельно-правове нормування як засіб правового регулювання, що являє собою врегульовану правовими нормами процесуальну діяльність уповноважених суб'єктів із розробки якісних та кількісних показників (нормативів) властивостей об'єктів земельних правовідносин, включення нормативів до проектів правових актів, узгодження та експертизи останніх, затвердження й оприлюднення у встановленому порядку актів, що містять нормативи [152].

Межі смуг відведення визначаються державним актом на право постійного користування земельною ділянкою та додатками до цього акту. Ширина смуги відведення визначається на підставі потреб технологічного комплексу залізничного транспорту на його розміщення, експлуатацію, утримання та відновлення, з урахуванням вимог чинної нормативної документації. Державними будівельними нормами «В. 2.3-19-2008. Споруди транспорту. Залізничні колії 1520 мм. Норми проектування» передбачено, що до неї включаються: ширина земляного полотна, з урахуванням укосів насипу чи виїмки, на якому розташовується колійний розвиток залізничних станцій чи перегонів; ширина технологічних площадок, на яких розташовані будівлі і споруди технологічного комплексу усіх господарств залізниці, естакади та віадуки з урахуванням укосів; ширина технологічних зон, у межах яких розміщуються: водовідвідні та водопропускні споруди; укосокріплюючі та регуляційні споруди; споруди для пропускання селів тощо; ширина технологічних смуг для пропуску повітряних і кабельних ліній електропостачання, зв'язку та сигналізації; ширина технологічних смуг для розміщення: снігових мас при хуртовинах; автотранспортних проїздів; протипожежних смуг; ширина ЗЛН та інших огорож. У цілому ширину земельних ділянок смуги відведення слід установлювати як найбільше значення із складових, обумовлених цими умовами й факторами. У випадках, коли

ширина смуги відведення за умовами прояву небезпечних природних факторів перевищує ширину смуги відведення, отриману з конструкції поперечних профілів земляного полотна, додаткова смуга зараховується в охоронну зону.

Відповідно до п. 3.8. Правил технічної експлуатації залізниць України, затверджених Наказом Міністерства транспорту України № 411 від 20 грудня 1996 року, ширина земляного полотна зверху на прямих ділянках колії має відповідати верхній будові колії. На існуючих лініях до їх реконструкції допускається ширина земляного полотна не менша: на одноколійних – 5,5 м, двоколійних – 9,6 м, а в скельових та дренуючих ґрунтах не менша: на одноколійних – 5,0 м, двоколійних – 9,1 метра. Мінімальна ширина узбіччя земляного полотна зверху має бути 0,4 м з кожного боку колії.

Ширину смуги відведення у місцях, де колія чи споруди потребують спеціального захисту, встановлюють з урахуванням їх розміщення. Ширина смуги відведення в окремих місцях траси на перегонах визначається за типовими або індивідуальними проектами розміщення у них наступних споруд і пристроїв: штучних споруд (мости, трубопроводи тощо); переїздів на перетині з автошляхами; тягових підстанцій з відповідними площами для їх огороження; споруд укріплення берегів; протизсувних споруд; насаджень і споруд, що захищають земляне полотно від ерозії, піщаних заносів, виходу на колії бездоглядної худоби [77].

Нормативи відведення земель, призначених для проектування і будівництва залізничних об'єктів, визначаються будівельними та санітарними нормами і правилами. Зазначені нормативи після введення закінчених будівництвом ділянок залізниць в експлуатацію, на думку органів місцевого самоврядування, втрачають актуальність, а документи, в яких зафіксовано розміри земельних ділянок та надано погодження на відведення земель органами місцевого самоврядування, часто втрачені або місцевою владою не надаються залізницям для підготовки технічної документації для переоформлення актів на право постійного користування земельними ділянками. Інша проблема проявляється у тому, що значна частина актів на право постійного користування земельними ділянками, отриманих залізницями та підприємствами залізничного

транспорту в попередні роки, не має даних з координат, за якими можливо визначити межі земельних ділянок та здійснити розмежування із сусідніми власниками або користувачами земельних ділянок [166].

У ст. 31 Закону України «Про охорону земель» закріплено, що нормативи гранично допустимого забруднення ґрунтів визначаються з метою встановлення критеріїв придатності земель для використання їх за цільовим призначенням. До нормативів ГДЗ ґрунтів цей закон відносить: ГДК в ґрунтах хімічних речовин, залишкових кількостей пестицидів і агрохімікатів, важких металів тощо; максимально допустимі рівні забруднення ґрунтів радіоактивними речовинами [74]. Тобто, сам обсяг такого нормування аж ніяк не можна вважати задовільним: норматив ГДК установлювався лише для орного шару ґрунту й лише для кількох десятків найбільш небезпечних хімічних речовин. Така ситуація призводить до того, що для земель залізничного транспорту та прилеглих до них земель, які зазнають значного впливу різноманітних шкідливих речовин, не визначено нормативи ГДК шкідливих речовин. Перевищення вмісту в ґрунтах уздовж залізничних колій та поряд з іншими об'єктами залізничного транспорту певних небезпечних хімічних речовин (наприклад, поліутантів та седиментів) призводить до негативних змін у НПС та створює небезпеку для здоров'я людини.

Особливий режим земель транспорту зумовлює особливий режим зелених насаджень вздовж та залізничного полотна. Основним документом, що регулює порядок утримання зелених насаджень, є «Правила утримання зелених насаджень міст та інших населених пунктів», затверджені наказом Держжитлокомунгоспу від 29.07.94р. № 70. Цей документ регулює і порядок утримання зелених насаджень вздовж залізниць. Ці насадження за функціональним призначенням, відносяться до насаджень спеціального призначення.

За загальним правилом, відповідальність за утримання зелених насаджень покладається на керівників підприємств, які мають на своєму балансі зелені насадження. Переважно зелені насадження вздовж залізниць знаходяться на балансі відповідних транспортних підприємств, які займаються

обслуговуванням залізниць. Виконання господарських заходів, охорона та утримання зелених насаджень покладається на підприємства, на території яких зростають ці насадження, і мають здійснювати озеленувальні роботи.

Державний контроль за станом експлуатації та утримання всіх видів зелених насаджень здійснюється відповідними радами, їх виконавчими та розпорядчими органами, Міністерством охорони навколишнього природного середовища та його органами на місцях.

До обов'язків власників/користувачів зелених насаджень входить: забезпечення збереження насаджень, квітників, газонів, доріжок і обладнання та належний догляд за ними; вжиття протягом року необхідних заходів щодо боротьби із шкідниками та хворобами зелених насаджень; видалення сухостійних дерев та чагарників, вирізування сухих і поламаних гілок; заміна в повному обсязі засохлих та пошкоджених, також садіння нових дерев і кущів.

До компетенції Міністерства охорони навколишнього середовища належать: контроль за станом охорони, утримання і використання зелених насаджень, погодження матеріалів на отримання дозволу на вирубку дерев (на підставі акту обстеження зелених насаджень), подання позовів про відшкодування збитків і витрат, заподіяних знищенням чи пошкодженням зелених насаджень, контроль за веденням обліку площ зелених насаджень. Знесення та пересадка дерев, чагарників, газонів може здійснюватися лише у разі наявності спеціального дозволу (ордера). Він видається на підставі акта обстеження зелених насаджень, погодженого з місцевими органами Мінекології і рішення місцевого органу державної виконавчої влади.

Відповідно до Лісового кодексу України, захисні смуги лісів вздовж залізниць, а також захисні лісові насадження на смугах відводу залізниць, виконують захисні функції та відносяться до першої групи лісів. На ЗЛН та смугах відводу залізниць, допускаються тільки рубки догляду, санітарні рубки, рубки, пов'язані з реконструкцією малоцінних молодняків і похідних деревостанів, прокладанням просік, створенням протипожежних розривів, лісовідновні рубки – в деревостанах, що втрачають захисні та інші природні властивості, а також інші рубки (розчищення земельних ділянок лісового фонду

у зв'язку з будівництвом шляхів та інших об'єктів). Правове регулювання вказаних рубок здійснюється постановою Кабінету Міністрів України від 16.05.96 р. № 535 «Про затвердження Правил рубок, пов'язаних з веденням лісового господарства, та інших рубок».

1.3.2. Нормативний поділ лісів за функціональним призначенням

Поділ лісів за функціональним призначенням тісно пов'язаний з лісокористуванням та лісоуправлінням. Визначення цілей лісоуправління для кожної окремої ділянки потребує віднесення лісової ділянки до певної категорії захисності, що в свою чергу обумовлює встановлення відповідного режиму лісокористування, насамперед проведення рубок.

Поділ лісів на групи та категорії захисності базувався на визначенні основного цільового призначення лісової ділянки, і на основі цього віднесення ділянки до певної категорії захисності. Цю форму функціонального поділу також закріплено діючими правилами поділу лісів на категорії та виділення особливо захисних лісових ділянок.

Всі ліси України поділені за екологічним і соціально-економічним значенням та залежно від основних виконуваних ними функцій на категорії згідно з статтею 39 Лісового кодексу. Сукупність лісових ділянок утворює лісовий фонд України.

Сучасний поділ лісів за екологічним і соціально-економічним значенням історично склався протягом радянського періоду. Основні його особливості:

- віднесення лісової ділянки до (під)категорії лісів згідно виділеного основного цільового призначення земельної ділянки;
- трирівнева структура: категорії лісів – підкатегорії лісів, та виділення особливо захисних лісових ділянок;
- слабкий зв'язок між категоріями лісів та режимами ведення лісового господарства;
- дуже висока частка лісів, виключених з експлуатації.

В сучасному «Порядку поділу лісів на категорії...» реалізоване перегрупування колишніх «категорій захисності» на чотири групи – «ліси

природоохоронного, наукового, історико-культурного призначення», «рекреаційно-оздоровчі ліси», «захисні ліси», «експлуатаційні ліси», а самі категорії захисності при лісовпорядкуванні отримали назву «підкатегорій» лісів (рисунок 1.6). Нормативне визначення «підкатегорій лісів» не приведене.

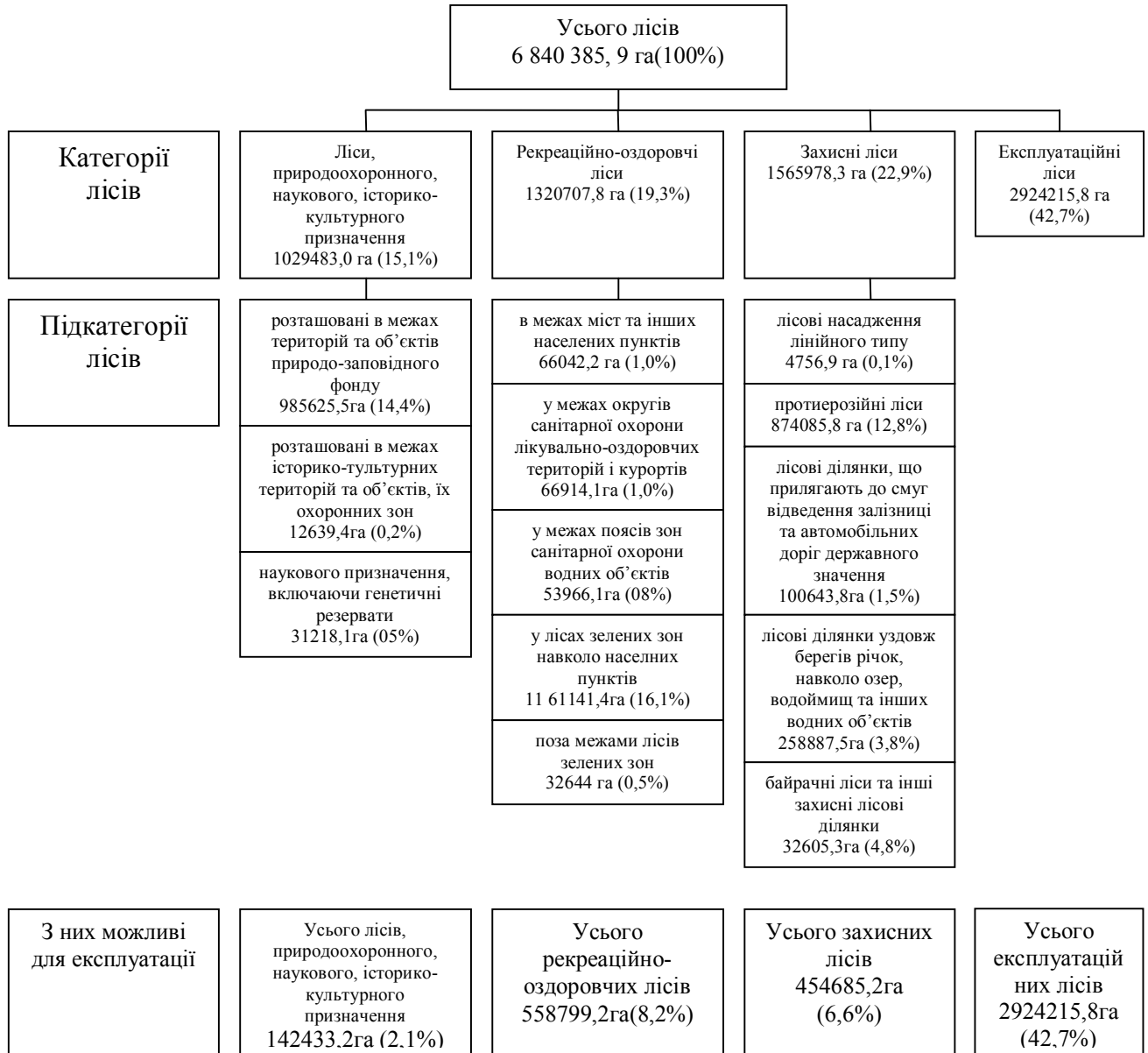


Рисунок 1.6 – Поділ лісів Державного агентства лісових ресурсів за функціональним призначенням [126]

Сумарна кількість підкатегорій не зменшилася, що свідчить про проведення «тематичного» перегрупування залежно від функціонального призначення, тобто впорядкування колишніх лісів I групи без якісної зміни понять (Додаток Б).

1.4. Висновки до розділу 1

1. Проаналізовано історію використання лісової рослинності для захисту залізниць від несприятливих природно-кліматичних умов, фізико-хімічного та механічного впливу. Встановлено роль української лісівничої науки у розвитку агротехніки лісокультурних робіт на шляхах залізничного транспорту.

2. Визначено основні методичні аспекти захисного лісорозведення за умов постійного антропогенного впливу залізниці на компоненти довкілля.

3. На основі дослідженої системи просторової структури КЕЗТ виокремлено головний принцип створення та функціонування ЗЛН на шляхах залізничного транспорту.

4. Виражено функціональну залежність об'єктів залізничного транспорту та КЕЗТ для встановлення якості стану НПС на шляхах залізничного транспорту.

5. Проаналізовано законодавчі та нормативно-методичні документи, що регламентують функціонування КЕЗТ на шляхах залізничного транспорту.

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ФУНКЦІОНУВАННЯ КЕЗТ

2.1. Формування моделі системи підвищення якості КЕЗТ

Міжнародні стандарти систем менеджменту якості *ISO 9001:2015* та екологічного менеджменту *ISO 14001:2015* розроблені на загальних принципах системи адміністративного управління і кореспондуються між собою на 70 % відносно процедур та вимог сертифікації.

Стандарти *ISO 14001* та *OHSAS 18001* дещо відрізняються від інших галузевих специфічних стандартів у тому, що стосуються питань відповідно НС, здоров'я та безпеки. *ISO/TC 207* є технічним комітетом, який відповідає за серію стандартів *ISO 14000*. Протягом кількох років, цей комітет, а також *ISO/TC 176* з питань безпеки виробництва працювали над уніфікацією цих обох стандартів. Відповідність системи екологічного управління підприємства стандартам *ISO 14001* – одне зі спеціалізованих «відгалужень» відповідності вимогам стандарту *ISO 9001*, що уніфікує системи менеджменту якості.

На основі аналізу цих стандартів та вивчення історії розвитку ЗЛН на залізниці запропоновано Схему узагальнених заходів організації щодо підвищення якості функціонування КЕЗТ, необхідних для виконання положень *ISO 14001*.

Схема узагальнених заходів організації базується на моделі «Планування – Впровадження – Контроль – Удосконалення», яка спрямована на досягнення постійного поліпшення. Вона складається з обов'язкових елементів згідно вимог Стандарту *ISO 14001*.

Реалізація процесів, охоплених системою управління якістю (СУЯ), ґрунтується на послідовному проходженні наступних етапів, які в економічних джерелах [18] відомі як цикл Е. Демінга (цикл PDCA «*Plan* (плануй) – *Do* (виконуй) – *Check* (контролюй) – *Act* (коригуй)»). Основоположною ідеєю циклу PDCA є виконання послідовних ітерацій між діями з планування і

контролю при реалізації певного процесу чи діяльності з метою її дискретного удосконалення за тими напрямками, які встановлює організація. Отже, повторювання циклу *PDCA* може наблизити до досягнення встановлених цілей (або ж до одержання інформації з обґрунтуванням необхідності виправданої зміни цих цілей). Причому, це відбуватиметься без реалізації додаткових, спеціально розроблених процесів, а виключно завдяки вбудованому механізму самовдосконалення, закладеному у документованих процедурах, що регламентують процес [6, с. 12].

Цикл *PDCA* у стандартах *ISO* серії 9000 описується як сукупність послідовно виконуваних фаз у межах кожного виду діяльності, що обумовлює можливість управління цією діяльністю через зворотній зв'язок. Також підкреслюється можливість застосування методології *PDCA* як в межах окремих процесів різного масштабу, так і на рівні всієї організації загалом.

Система управління якістю будь-якої організації, а тим більше, – КЕЗТ, є складним механізмом, значною мірою регламентованим галузевою нормативною базою, описаною вище, поєднання таких двох підходів дозволило виділити принципи СУЯ КЕЗТ:

- системний підхід, який виявляється в розгляді всіх елементів КЕЗТ, як взаємопов'язаних і взаємодіючих для досягнення єдиної мети управління. Відмінною особливістю системного підходу є оптимізація функціонування не окремих елементів, а всієї системи в цілому;
- принцип тотальних витрат, а саме облік усієї сукупності витрат управління потоками транспортних послуг та пов'язаними з ними інформаційними та фінансовими потоками по всьому логістичному ланцюгу;
- принцип глобальної оптимізації. При оптимізації структури або управління в КЕЗТ необхідне узгодження локальних цілей функціонування елементів системи для досягнення глобального оптимуму;

- принцип координації та інтеграції – досягнення узгодженої, інтегральної участі всіх ланок КЕЗТ в управлінні енергетичними потоками при реалізації цільової функції;
- принцип загального управління якістю КЕЗТ – забезпечення надійності функціонування та високої якості роботи кожного елемента КЕЗТ для забезпечення загальної якості;
- принцип стійкості та адаптивності. КЕЗТ повинна стійко працювати при допустимих відхиленнях параметрів і факторів антропогенного навантаження з боку залізниці. При значних коливаннях стохастичних факторів зовнішнього середовища КЕЗТ повинна пристосовуватися до нових умов, змінюючи функціонування, параметри та критерії оптимізації.

Схему підвищення якості функціонування КЕЗТ подано у вигляді чотирьох взаємопов'язаних підсистем:

- підсистема залізничного господарства (ЗТ), де біологічні та технологічні фактори мають визначальний вплив на величину антропогенного навантаження на КЕЗТ;
- підсистема шляхів залізничного транспорту (ШЗТ), яка функціонує, як постійне джерело антропогенного впливу на стан навколишнього природного середовища;
- власне КЕЗТ, як екологічної підсистеми (Е), яка охоплює природні об'єкти і процеси природокористування;
- підсистема управління (У) – алгоритми управління, математичне забезпечення, програми.

2.2. Якість і технологія нормування КЕЗТ

Аналіз Стандартів *ISO 9001:2015* та *ISO 14001:2015* показав, що їх вимоги до нормування якості КЕЗТ передбачають, зокрема, ретельне дослідження не лише зовнішнього і внутрішнього середовища КЕЗТ, а й застосування процесного підходу до оцінювання впливу основних ресурсів зовнішнього

середовища на базові процеси функціонування екосистем, такі як, наприклад, фотосинтез і дихання та розроблення нових методів оцінювання якості КЕЗТ.

Проблеми оцінювання якості функціонування КЕЗТ викликані інтенсифікацією транспортних перевезень та зростанням забруднення НПС внаслідок взаємодії людини з середовищем при забезпеченні належного функціонування залізниці. КЕЗТ є першим природним бар'єром в затриманні, накопиченні та «утилізації» шкідливих речовин.

Характер взаємодії людини з середовищем визначають потоки речовин, енергій та інформації. Змінюючи величину будь-якого потоку маси, енергії, інформації, дій людини від мінімально значущої до максимально можливої, можна пройти ряд характерних станів взаємодії в системі «людина – середовище функціонування залізниці». Поняття якості КЕЗТ тісно пов'язане з поняттям якості НПС.

Закономірності росту, динаміки і продуктивності лісів відображаються за допомогою ТХР, що містять вікову динаміку основних таксаційних показників деревостанів за прийнятими класифікаційними одиницями, в якості яких виступають класи бонітету або типи лісу та результати досліджень ростових процесів в лісах.

Нормування якості КЕЗТ на основі Стандартів *ISO 9001:2015* ґрунтується на дослідженнях підходів до вирішення проблеми росту продуктивності деревостанів. Модельна основа ТХР була і залишається досить слабкою, часто ТХР містили тільки ряди вирівняних і упорядкованих результатів спостережень. Очевидно, що чисельні моделі такого роду мало прийнятні для опису росту деревостанів у мінливому кліматі.

Інший напрямок дослідження ростових процесів в лісах базується на моделях, за допомогою яких намагаються описати досліджувані явища на процесному рівні, тобто оцінити вплив основних ресурсів зовнішнього середовища на базові процеси функціонування екосистем, такі як, наприклад, фотосинтез і дихання [45]. Очевидна складність такого підходу, особливо в частині розробки моделей, які були б прийнятними для застосування в практиці

лісового господарства. Моделі процесного типу знайшли своє застосування в екологічних дослідженнях, зокрема в розробці динамічних глобальних моделей рослинності. Такі моделі мають пізнавальне значення, але непридатні для застосування в практичному лісівництві.

Шлях зближення цих двох підходів видається доцільним за умов істотно мінливого світу [259]. Першим етапом на цьому шляху є подання існуючих нормативів росту в модельному вигляді, причому параметри моделей повинні мати змістовну трактовку.

Якість насадження оцінюється за двома показниками: життєздатність (таблиця 2.1) та захисна ефективність (таблиця 2.2).

Таблиця 2.1 – Життєздатність КЕЗТ

Категорія життєздатності	Зовнішні ознаки верхнього ярусі насаджень	Клас
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Висока (ЖВ)	Складається переважно зі здорових гостроверхих дерев, всихаючі екземпляри одиничні. Санітарний стан добрий, ґрунти покриті опалим листям, трав'яний покрив або відсутній, або рідкий (ТО)	1
Понижена (ЖП)	Складається переважно зі здорових дерев, але переважають туповерхі екземпляри, кількість всихаючих дерев не перевищує 25%. Санітарний стан добрий або задовільний, ґрунт пухкий або затверділий, трав'яний покрив не більший середньої густоти (ТС)	2
Низька (ЖН)	Складається із суховерхих і сухих дерев (до 75%), супутні породи в більшості не всихають). Санітарний стан поганий, ґрунти затверділі або тверді, трав'яний покрив середній (ТС) або великої густоти (ТГ)	3

1	2	3
Дуже низька (ЖДН)	У складі насадження переважають сухостійні низькі екземпляри. Санітарний стан поганий або дуже поганий, ґрунти затверділі, трав'яний покрив густий з великою кількістю прикореневих рослин (ТОГ)	4

Ефективне вирощування стійких і довговічних ЗЛН залежить від суворого виконання і послідовного проведення на високому технічному рівні всіх заходів щодо їх створення і утримання. [147, стор. 11].

Захисна ефективність КЕЗТ оцінюється за наступними класами:

- добрий – коли насадження не пошкоджені, або слабо пошкоджені антропогенними чинниками залізниці;
- задовільний – коли несприятливі чинники частково призвели до істотного ослаблення;
- поганий – коли будь-який з несприятливих чинників значно вплинули на насадження;
- дуже поганий – коли насадження значно пошкоджені багатьма чинниками.

Таблиця 2.2. – Класифікація КЕЗТ за ознакою «захисна ефективність»

Класи захисної ефективності та життєздатності	Клас якості
Захисна ефективність – не нижче першого класу, а життєздатність у всіх частинах насадження – не нижче другого класу	1
Захисна ефективність і життєздатність – не нижчі другого класу	2
Захисна ефективність – не нижче другого класу, а життєздатність – не нижче третього класу	3
Захисна ефективність – нижча другого класу при будь-яких класах життєздатності	4

Лісосмугою називається територіально єдина ділянка лісонасадження, яка має прямокутну або близьку до неї форму. Конструкція лісосмуги – це будова її вертикального профілю, яка визначає ступінь і характер аеродинаміки лісосмуги, а також снігозатримувальні властивості.

Для розв'язання задач управління необхідне чітке розуміння структури КЕЗТ керуючими параметрами в яких, зокрема, є:

- вертикальна структура (рисунок 2.1), яка задається ярусами (ярус домінуючих дерев; середній ярус; чагарниковий ярус; мохово-трав'яний ярус; ярус залягання кореневищ і коренів трав'янистих рослин, що укореняються у верхньому шарі ґрунту – 15-20 см; ярус трав'янистих рослин з глибшим розташуванням коренів – 50-70 см; ярус коренів чагарників – 1-3 м; ярус коренів деревних порід (Н – до 5-6 м), лісова підстилка (Н – 1-3 см); гумусовий горизонт (Н – 20 см-1,5м); горизонт вимивання, або накопичення (Н – 0-20 см); перехідний горизонт (Н – до 180 см;).

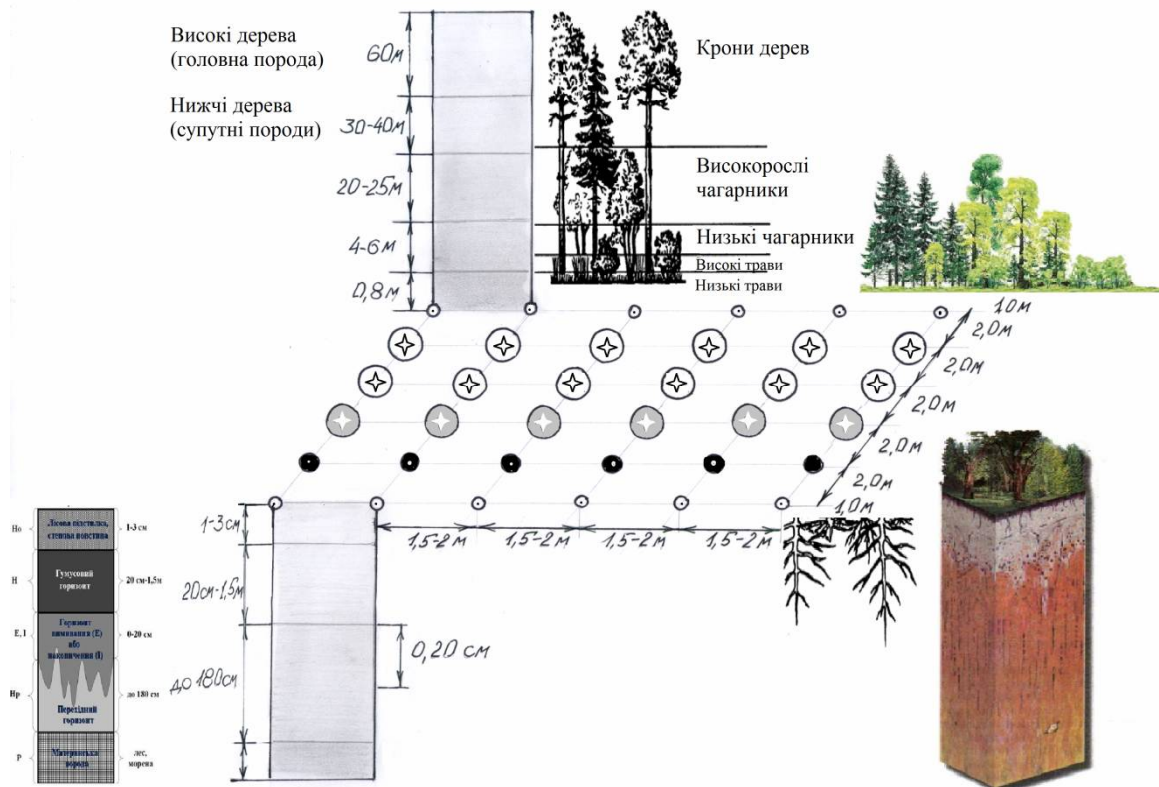


Рисунок 2.1 – Вертикальна структура КЕЗТ

- горизонтальна структура (рисунок 2.2): кількість рядів, ширина рядів, розміщення дерев у рядах та кулісах, кількість куліс тощо.

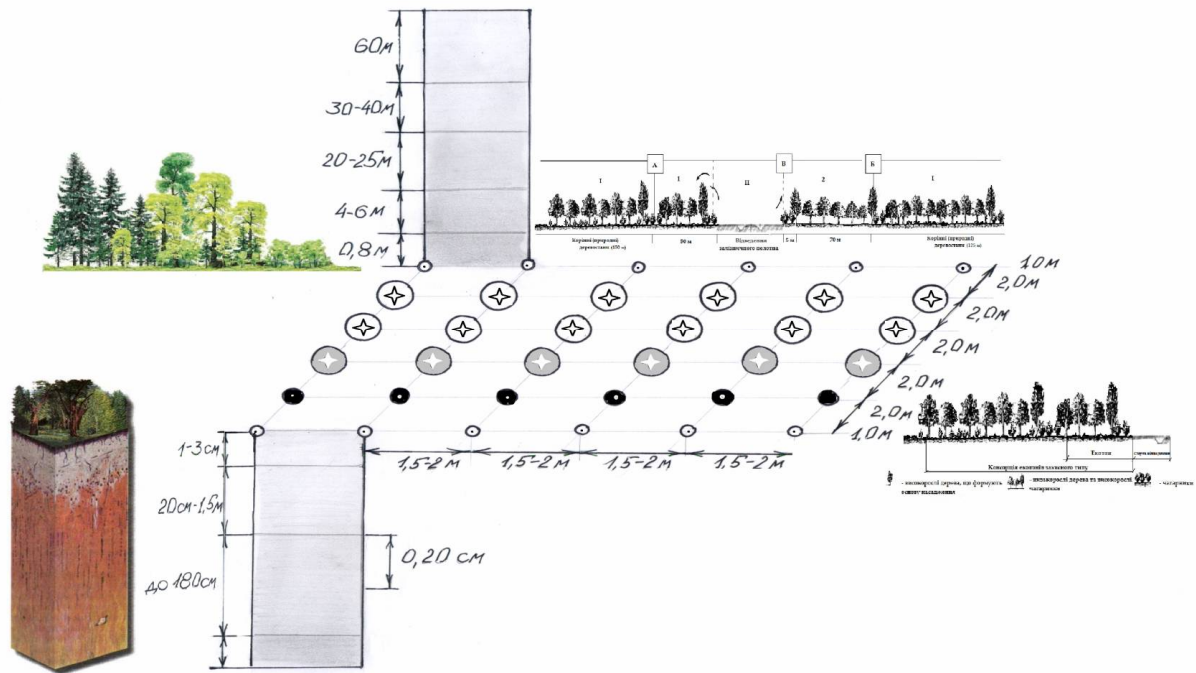


Рисунок 2.2. – Горизонтальна структура КЕЗТ

Використовуємо визначення термінів інвентаризації КЕЗТ так, як вони сформульовані в методичних вказівках [147, стор.126-133] для окремих дерев та лісонасаджень в цілому. До цих термінів відносяться:

- захисна ефективність (ЗЕ), поділяється на чотири категорії та чотири класи відповідно (ЗЕВ – висока, 1; ЗЕП – посередня, 2; ЗЕН – низька, 3; ЗЕДН – дуже низька, 4);
- життєздатність окремих дерев (ЖВ – висока, 1; ЖП – понижена, 2; ЖН – низька, 3; ЖДН – дуже низька, 4);
- життєздатність насаджень (ЖВ – висока, 1; ЖП – понижена, 2; ЖН – низька, 3; ЖДН – дуже низька, 4);
- інтенсивність сніголаму (дуже слабка, 1; слабка, 2; сильна, 3; дуже сильна, 4).

Захисна ефективність та життєздатність характеризуються поділом на категорії та класи. На захисну ефективність та життєздатність КЕЗТ також суттєво впливає густина насадження – розміщення деревних порід в ряду та ширина міжрядь. Значення густоти насадження у вирощуванні стійких та

ефективних ЗЛН відображено в роботах А.І. Писаренко (1978), В.П. Тимофєєва (1969), А.В. Савиної (1978), В.П. Попова (1976), Е.Д. Годнєва (1957) та інших.

В роботі [141] обґрунтовано що, екологічна оцінка якості НПС повинна будуватися на оцінці стійкості конкретних екологічних систем до конкретних зовнішніх (в тому числі, і техногенних) впливів і навантажень. Тобто, екологічна оцінка повинна базуватися на нормуванні якості (стану) НПС і нормуванні впливу. Введено поняття «екологічний стан ґрунтів» як комплекс ґрунтових властивостей, що визначає ступінь їх відповідності природно-кліматичних умов ґрунтоутворення і придатності для сталого функціонування природних і антропогенних екосистем. Запропоновано систему показників зазначеного стану і обґрунтована пріоритетність їх використання для оцінки масштабів порушеності НПС в цілому. Показано, що різноманітність функцій ґрунтів забезпечує високу значимість показників їх стану для оцінки стану НПС в цілому.

Нормативи екологічного стану ґрунтів повинні розроблятися для адміністративних регіонів з урахуванням біокліматичних, літолого-геоморфологічних особливостей їх території, а також виду господарського використання земель.

У науковій і довідковій літературі, нормативно-методичних документах нерідко термін «стан навколишнього середовища» замінюється терміном «якість навколишнього середовища», «якість середовища» [153]. Згідно Закону України від № 1268-ХІІ від 26.06.91 «Про охорону навколишнього природного середовища» та Закону України від 07.06.2017 N 2086-VIII) «Про ратифікацію Договору між Кабінетом Міністрів України та Урядом Республіки Молдова про співробітництво у сфері охорони і сталого розвитку басейну річки Дністер» «якість навколишнього середовища» визначається як рівень концентрації певної речовини або групи речовин у окремих компонентах навколишнього природного середовища, таких як вода, відкладення або біота, який не повинен бути перевищений в цілях охорони здоров'я людей і навколишнього природного середовища, що узгоджується з Міжнародними стандартами з якості *ISO* серії 9000 і 10000 та з охорони навколишнього середовища – *ISO* серії 14000. На

підставі міркувань, що викладених в праці Воробейчик Е.Л. [31] терміни «якість» і «стан» використовуються, як синоніми.

Під якістю НПС розуміють здатність середовища набувати збереження цілісності природної екосистеми. У такому трактуванні цей термін настільки неоднозначний, що важко від нього перейти до конструктивної думки про те, що він означає і як його вимірювати. Тому уточнимо цей термін для КЕЗТ.

Під якістю КЕЗТ розуміємо, стан, за якого КЕЗТ здатні зберігати їх цілісність та забезпечувати належний захист залізничних шляхів від снігу, шуму, забруднення поллютантами, седиментами, а також радіонуклідами.

Збереження цілісності КЕЗТ означає збереження: горизонтальної та вертикальної структури, нормальний ріст насаджень, забезпечення в допустимому діапазоні таксаційних параметрів. Екологічна оцінка якості (стану) КЕЗТ фактично полягає в зіставленні цієї якості (стану) з екологічною нормою.

В працях [31, 32] стверджується, що останнім часом в природоохоронній практиці широкого поширення набула п'ятибальна (п'ятирівнева) критеріальна таблиця екологічної оцінки стану НПС – автори П.М. Березін, А.С. Яковлев, А.Н. Прохоров, О.А. Макаров. Ця таблиця є зручним інструментом для точного визначення того, наскільки якість НПС дозволяє (або не дозволяє) забезпечувати стійке функціонування наземних екосистем. В ній наводиться характеристика п'яти градацій якості (стану) НПС, кожна з яких означає цілком певні по глибині і незворотності порушення екосистеми і, відповідно, передбачає принципово різні комплекси природоохоронних заходів:

- 1) умовно нульове погіршення стану НПС (оптимальний стан) – НПС повністю забезпечує стале функціонування і саморегулювання екологічних систем;
- 2) низький рівень погіршення стану НПС (нормальний стан) – НПС стійке до руйнівних дій і має здатність до самовідновлення за рахунок природних процесів саморегуляції;

- 3) середній рівень погіршення стану НПС (нестійкий стан) – НПС нестійке до руйнівних дій, але іноді здатне до самовідновлення за умови зняття руйнівного навантаження;
- 4) високий погіршення стану НПС (кризовий стан) – втрата здатності до самовідновлення, відновлення НПС можливе тільки при застосуванні спеціальних (в тому числі, рекультиваційних) заходів;
- 5) катастрофічне погіршення стану НПС (стан екологічного лиха) – незворотна втрата можливості відновлення НПС навіть при проведенні відновлювальних заходів.

Кожен рівень відображає діапазон погіршення екологічного стану навколишнього середовища, який можна виразити в балах або у відсотках. Кількісна втрата екологічної цінності природно-територіальних комплексів, на відміну від бальної оцінки, фіксує нелінійність змін стану навколишнього природного середовища по всьому діапазону оціночної шкали [70].

Тільки умовно нульовий і низький рівні свідчать про стійкість НПС до антропогенного впливу, фактично, становлять екологічну норму якості (стану) НПС. При цьому, під стійкістю НПС розуміється її здатність зберігати свою структуру і функціональні особливості окремих компонентів при впливі зовнішніх факторів.

Відповідно, основним принципом при встановленні екологічної (природоохоронної) норми є визначення допустимого рівня порушення НПС, при якому зберігається його здатність до самовідновлення [14, 10, 95, 159].

2.3. Індикація стану КЕЗТ

Система екологічного контролю КЕЗТ має сприяти мінімізації негативних екологічних наслідків техногенного впливу на залізничні шляхи. Стан ЗЛН у цьому випадку виконує роль показника ефективності діяльності залізниці у сфері забезпечення сприятливого абіотичного середовища: лісові БЦ та їх окремі компоненти – біоіндикатори техногенного забруднення [108, 143, 251, 14]. Збереження природної стійкості лісових насаджень в умовах постійного антропогенного впливу з боку залізниці має забезпечувати функціональне

зонування. Підвищити і підтримувати ефективність комплексу корисних функцій КЕЗТ можна на основі регулярної дворівневої системи контролю якості НПС.

Перший рівень – екосистемний моніторинг КЕЗТ, з одного боку, є середовищозахисним і природоохоронним засобом, а з іншого, виконує функцію індикатора стану НПС. Виміряти і оцінити результативність обох цих функцій можна на основі показників стану біоти в накладенні на результати фізико-хімічного моніторингу абіотичного середовища. Результати моніторингових досліджень повинні дати уявлення, наскільки благополучний стан екосистеми і її окремих компонентів – це етап екологічної індикації. Наступний крок – екологічна діагностика – виявлення та ранжування факторів порушення, прогноз стану НПС і прийняття рішення про необхідність проведення спеціальних заходів щодо відновлення та порятування НПС.

Другий рівень – власне дія: розробка і впровадження природоохоронних, природовідновних заходів, якщо їх необхідність обґрунтовано аналізом результатів екосистемного моніторингу. Наступна серія моніторингових досліджень повинна дати оцінку ефективності реалізованих рішень, забезпечуючи, таким чином, зворотний зв'язок: НПС інформує про зміну якості (поліпшення чи погіршення) у відповідь на цілеспрямовані дії з боку людей.

Проведення екосистемного моніторингу передбачає отримання масиву даних про стан абіотичних і біотичних компонентів НПС. При обробці та аналізі отриманих результатів стають актуальними питання:

- як оцінити отримані значення екологічних параметрів з позицій відхилення від екологічної норми;
- як отримати узагальнену оцінку якості НПС на основі біологічних показників та параметрів абіотичного середовища.

У пошуках відповіді на перше питання у прикладній екології оформилася система ЕН [10, 32, 31]. Вирішити завдання, поставлене в рамках другого питання, можна використовуючи методи згортання різноманітної екологічної інформації з допомогою інтегральних показників [95, 124].

КЕЗТ – специфічна частина території, у відношенні якої необхідний спеціальний методологічний підхід до екологічного нормування та багатокритеріальної оцінки стану природного середовища.

За поняттям ЕН в прикладній екології стоїть сукупність завдань, пов'язаних з вивченням антропогенної трансформації природних екосистем, визначення стану їх норми і знаходженням граничних величин антропогенних навантажень – нормативів.

Законами та нормативними документами України обґрунтовано і закріплено використання в практиці природокористування двох типів нормативів [158]:

- нормативів якості НПС – «встановлюються для оцінки стану навколишнього природного середовища з метою збереження природних екологічних систем, генетичного фонду рослин, тварин та інших організмів»
- нормативів допустимого впливу на НПС – встановлюються «з метою запобігання негативного впливу на навколишнє природне середовище господарської діяльності юридичних та фізичних осіб – природокористувачів».

Екосистемний моніторинг як прикладна система співвідноситься з ЕН в двох аспектах: накопичення та аналіз результатів моніторингу дозволяють встановити екологічні нормативи, а згодом стан компонентів НПС оцінюється шляхом зіставлення значення їх параметрів з встановленими нормативами. ЕН застосовується до різних видів антропогенних впливів на НПС. Хоча, ще на рубежі 70-80-х рр. минулого століття – в період зародження сучасної системи екологічного контролю – під ЕН, переважно, малося на увазі визначення екологічно обґрунтованих норм допустимого навантаження забруднюючих речовин на співтовариство, екосистему, регіон, а також допустимої інтенсивності надходження таких речовин у НПС [85]. Існуючі до цього часу види нормативів можна згрупувати наступним чином [31, 32]:

- Державні стандарти в галузі охорони природи.

- Санітарно-гігієнічні нормативи, що регламентують вміст токсикантів у повітрі, воді, ґрунті та продуктах харчування.
- Будівельні норми і правила.
- Норми впливу окремих галузей господарства на природні комплекси, що розробляються в галузевому плануванні.
- Норми просторових поєднань різних видів природокористування.

Встановленню меж допустимих антропогенних впливів передують процедура встановлення меж нормальних станів природних екосистем. Тому, центральною методологічною проблемою ЕН є комплекс питань про екологічну норму екосистеми, критерії нормальності їх стану.

Здатність біологічних систем різних рівнів до зміни своїх параметрів при зовнішніх впливах заради підтримки системи в умовах оптимуму – ключовий механізм екологічної рівноваги [164, 71]. Отже, процеси і механізми пристосування організмів, популяцій, угруповань до несприятливих впливів (тобто адаптація) є необхідним елементом екологічної норми. І, як сформульовано С.С. Шварцем [254], «якщо біогеоценоз здатний зміненому людиною середовищі підтримувати себе як систему в оптимальному стані – це означає, що ступінь антропогенного впливу не перевищує можливостей біологічних систем, не підриває їх здібності до гомеостазу». Відповідне цим біоекологічним основам визначення екологічної норми можна знайти, наприклад, в роботі [71, 254]: «екологічна норма – розмах стохастичних коливань показників життєдіяльності компонентів екосистем, які не виходять за межі пристосувальних реакцій з підтримання гомеостазу». Таке розуміння екологічної норми узгоджується з ключовою концепцією екологічного нормування – концепцією гранично допустимого навантаження на екосистему (ГДЕН). Остання обґрунтована ще у роботах Ю.А. Ізраєля [85], та її основні положення зводяться до наступного: будь-який вплив середовища, який викликає зміну стану КЕЗТ, здатний вивести екосистему з середнього природного (нормального) стану, визначається як екологічне навантаження. Допустимим вважається таке екологічне навантаження, під впливом якого відхилення від нормального стану системи не перевищує природних змін і, отже, не викликає небажаних наслідків у живих

організмів, не веде до погіршення якості НПС. Тоді, гранично допустиме екологічне навантаження в самому загальному вигляді можна визначити як максимальне навантаження, яке ще не викликає небажаних змін у реципієнтів впливу – популяцій, екосистем, населення. Допустимим, таким чином, є будь-яке навантаження, що не перевищує граничного (тобто нормативного).

Граничне навантаження, у свою чергу, дорівнює критичному навантаженню з поправкою на коефіцієнт запасу (в залежності від ступеня довіри) та потенційної можливості кумулятивного дії цей коефіцієнт зазвичай варіює від 0,2 до 0,5). Це останнє положення зумовлено існуванням екологічного резерву екосистеми: екосистема стійка, поки її стан знаходиться в межах гомеостатичного плато – за межами критичного навантаження біологічна система не здатна зберігати рівновагу і протистояти змінам. Між критичним і граничним навантаженнями, таким чином, повинна бути «щілина» для того, щоб екосистема могла використовувати гомеостатичні механізми для повернення у нормальний стан.

Е.Л. Воробейчиком обґрунтовано [31, 32] функціональне розуміння екологічної норми (тобто здатність системи виконувати певні функції) з позицій антропоцентризму. Воно має на увазі наступне. Стан екосистеми оцінює людина (поняття норми «з точки зору» самої екосистеми безглузде) з визначеними вимогами до її характеристик. Уявлення про нормальні стани екосистеми залежать від мети природокористування відповідно, і цілі ЕН можуть бути різними (охорона генофонду певних видів, підтримання оптимальних для людини умов середовища, охорона ландшафтного різноманіття, охорона промислових видів і т. д.). Тоді, обрані суб'єктом оцінки властивості (параметри, інваріанти) об'єкта нормування, для збереження яких екологічні нормативи розробляються, є метою (критерієм) екологічного нормування. Якщо в якості об'єкта нормування оперувати не якісним станом абіотичних середовищ, а станом природного біотичного співтовариства, то для того, щоб оцінити ступінь відхилення від нормального стану екосистеми, необхідно встановити критерії її нормальності (тобто. якості) на основі параметрів біоти.

В системі регламентації техногенних забруднень природного середовища використовується два істотно різних підходи:

- Перший методично ґрунтується на принципах санітарно-гігієнічного (токсикологічного) нормування, тобто граничні навантаження встановлюються для окремих речовин (або їх сумішей, але з відомим співвідношенням компонентів) на основі результатів лабораторного біотестування. Критерієм впливу при цьому використовується обмежений набір відповідних фізіологічних і поведінкових реакцій піддослідних організмів (тобто використовуються параметри організмового, а не екосистемного рівня), але з тією лише різницею, що об'єктом дослідження виступає не людина, а інші біологічні види. Через таке «лабораторне походження» встановлені нормативи (гранично-допустимі концентрації – ГДК) виявляються недостатньо екологічно ефективними – екстраполяція лабораторних експериментів на природні об'єкти некоректна. Так, нормативи визначаються для ізольованих факторів (а в природних умовах вони впливають на біоту в складних комбінаціях один з одним); досить умовне перенесення концепції ГДК на порушуючі фактори нехімічного походження; ГДК універсальні, а не регіональні і т. д. [124, 123].
- Другий – екологічний підхід до ЕН, передбачає, що знаходження нормативів можливе лише при дослідженнях реальних екосистем, які перебувають у градієнті навантаження, на основі обліку відгуку багатовидових співтовариств на багатокомпонентний вплив [10, 143, 31]. На основі цього положення А.П. Левичем була сформульована біотична концепція контролю НПС [123], згідно з якою оцінки екологічного стану за шкалою «норма – порушення» повинні проводитися не за рівнями абіотичних факторів, як це прийнято при токсикологічному підході, що передбачає розрахунок ГДК, а за комплекс субіотичних показників. При цьому важливо в просторі абіотичних факторів виявити межі між областями нормального і патологічного стану природних об'єктів. Ці межі були названі екологічно допустимими рівнями (ЕДР) впливів і запропоновані замість нормативів ГДК.

Визначення ЕДР передбачає виявлення діапазону колективних відгуків біоти, в межах якого екосистема «зберігає своє обличчя», перебуваючи в полі екологічно допустимого зовнішнього впливу. Тобто, біотична концепція контролю НПС

виводить на перший план нормування якісного стану біосистем надорганізмowego рангу – популяцій і співтовариств. Природно, що такий прийом стає можливим тільки в тому випадку, коли накопичений достатній обсяг даних як біотичних, так і про потенційно небезпечних для біоти абіотичних характеристиках. Власне, це підтверджує і весь досвід розробки систем біоіндикації рівнів техногенного впливу за станом лісових екосистем.

В основу визначення ГДК покладена реєстрація порушення фотосинтезу як найчутливішої до впливу функції, яка встановлюється у найбільш чутливої породи. Але, описані вище недоліки санітарно-гігієнічного підходу стимулювали і стимулюють удосконалення методів екологічного нормування аеротехногенного впливу на ліси. Сформульовані його основні принципи. З загальноекологічних позицій найбільш виправдано нормування з найбільш чутливих компонентів екосистем з встановленням так званих біосферних нормативів [160]. Але, при різноманітності типів аеротехногенного впливу, багатокomпонентності забруднення, типологічної стійкості, цільового використання екосистем можливе існування декількох нормативів, встановлених на основі різних за чутливістю компонентів. Оскільки, вироблення екологічних нормативів у порівнянні з санітарно-гігієнічними є методично більш складним і передбачає тривалі спостереження у природному середовищі, то, затверджені нормативні показники мають періодично переглядатися.

Досвід нормування навантажень на природні комплекси спочатку базувався на біотичному підході. Наслідки впливу на КЕЗТ, з боку залізниці виявляються виключно біоіндикаційними методами. Причому, це той випадок, коли для визначення біологічно значимих навантажень не обмежуються реакцією окремих видів-індикаторів – біоіндикація проводиться на рівні співтовариства [69, 188, 231]. Специфіка впливу залізниці в більшості випадків не дозволяє з точністю, властивою методам фізико-хімічного моніторингу, оцінити кількісну сторону антропогенного навантаження на КЕЗТ. За аналогією з методом ЕДР впливів, що визначаються за допомогою інтегральних біотичних показників, можна говорити і про ЕДР змін в КЕЗТ. Основне значення при цьому набувають знання про закономірності природної динаміки екосистем, її механізми і моделі [196]. Так,

дослідження рослинних угруповань КЕЗТ дають підстави вважати гранично допустимим таке навантаження фактора, при якому склад фітоценозу змінився на один полусмен, тобто передбачається що, якщо в фітоценозі збереглася бодай половина видів, то після припинення дії фактора фітоценози може самовідновитись – буде мати місце вторинна відновлювальна автогенна сукцесія, або демутація [151].

Біотичний підхід до нормування якісного стану природних екосистем пов'язаний з необхідністю розробки критеріїв стану популяцій і біоценозів і відповідних параметрів (індикаторів) якісної оцінки, а диференційований підхід до встановлення меж норми передбачає знання діапазону природної мінливості біоценозів. В.А. Абакумовим при розробці системи екологічного нормування прісноводних водойм [1] запропонована система градацій стану біоценозів в умовах антропогенного впливу. Виділені градації стану природних екосистем позначаються як екологічні модифікації.

Безумовно, прийом ранжування стану природних екосистем в залежності від антропогенного навантаження не новий: багато досліджень підводили до побудови часткових систем градацій при побудові експертних систем оцінок біотичних компонентів для екосистем різних типів при різних видах антропогенних впливів. Так, Н.Р. Булгаков у відомому огляді [124] наводить низку прикладів ранжування екосистем на основі угруповань прісноводних та морських гідробіонтів. Вони демонструють різні способи виявлення екологічних модифікацій: визначення змін інтенсивності загального метаболізму біоценозу, оцінюваних через продукційні характеристики фітопланктону, дослідження видової структури, показників розвитку та особливостей розподілу організмів різних екологічних груп (фітопланктону, зообентосу, перифитона, макрофітів і т.д.). В.Ф. Цветков [250] виділяє у процесі поступової деградації лісових насаджень в умовах атмосферного забруднення кілька стадій: фонові (природний стан), переддигресивна, дигресивна при збереженні едифікаторної ролі деревного ярусу, дигресивна при руйнуванні деревного ярусу, редіна, пустка, техногенна еродирована пустеля. Дані модифікації розрізняються структурою фітомаси видів-

едифікаторів, структурою окремих елементів фітоценозу. Бурден і Рандерсон [264], намагаючись поставити величину допустимого навантаження в залежність від планованого рівня допустимих змін в біогеоценозі, стосовно до степових і лугових екосистем виділяли три рівня допустимого навантаження: низький – при якому зберігаються рідкісні, чутливі до зовнішнього впливу види рослин; середній – рослинний покрив на даній ділянці зберігається як такий; високий – необхідно штучне підтримання рослинного покриву. Шкали послідовних змін у лісовому біогеоценозі під впливом рекреації, незалежно від варіанта їх ступінчастості (трьохстадійні, чотирьохстадійні, п'ятистадійні [9, 231]), також представляють собою градації екологічних модифікацій.

Екологічні модифікації в інтерпретації С.А. Абакумова, ґрунтуючись на загальних закономірностях динаміки екосистем, що претендують на універсальність – не залежать від типу екосистеми та виду впливу і дозволяють оцінити місцезнаходження екосистеми на траєкторії її видалення від природного вигляду в умовах антропогенного впливу. Екологічні модифікації відображають важливу екологічну закономірність – можливість існування екосистем в декількох метастабільних станах. Таке становище і допускає рухливість межі між нормальним і патологічним станом екосистем, і тоді, як підкреслено в роботі [31], межа між екологічною нормою і патологією являє собою предмет угоди між дослідниками або особами, що приймають рішення.

Враховуючи диференційований підхід до поняття екологічної норми, слід розрізняти:

- нормальний стан КЕЗТ, яка із заданою ймовірністю забезпечує її перебування в межах норми (інваріанта);
- допустимий стан, що забезпечує повернення до меж норми;
- критичний стан – повернення в межі норми виключене.

Користуючись описом градацій екологічних модифікацій, наведених вище, можна припустити, що для КЕЗТ на шляхах залізничного транспорту оптимальним буде стан антропогенної екологічної напруги, пов'язаний зі збільшенням видового різноманіття БЦ, ускладненням міжвидових відносин, збільшенням просторочасової гетерогенності, ускладненням харчового

ланцюга. Це відповідає допустимому стану екосистеми, що забезпечує повернення до межі норми.

Таким чином, в загальному вигляді розв'язування задачі ЕН зводиться до аналізу залежностей в системі «антропогенне навантаження – стан біоти – якість екосистеми». Все розмаїття існуючих підходів і концепцій в цій сфері визначається цільовим використанням екосистем і трактуванням понять «екологічна норма», «небажані зміни» і переломлюється через вибір методів визначення граничних екологічних навантажень і гранично допустимих екологічних змін; способів вимірювання антропогенного навантаження і методів опису стану біоти.

Сучасна система екологічного менеджменту здатна мінімізувати наслідки аеротехногенного забруднення. Основною складовою у забрудненні повітряного басейну стають компоненти, пов'язані з роботою транспорту. В найбільш сприятливому випадку, якщо налагоджена система регіонального екологічного контролю, ЗЛН потрапляють в умови помірною хронічного аеротехногенного забруднення, не досягають небезпечних для рослинності в цілому рівнів.

Для згортання різноманітної екологічної інформації, одержуваної в результаті ведення екосистемного моніторингу ефективні інтегральні показники, що дозволяють оцінити стан біотичних і абіотичних компонентів екосистем і візуалізувати стан НПС на обстежуваних територіях [31, 95, 124].

В роботах [37, 38] обґрунтовано систему критеріїв та індикаторів для оцінки стану лісових екосистем на урбанізованих територіях. Стан біотичної складової лісових екосистем відображають два інтегральні показники: індекс стану деревостану та індекс структурного різноманіття лісового біоценозу.

Індекс стану деревостану (за методикою Е.Р. Мозолевської [153] із змінами та доповненнями) відображає життєздатність деревного пологую через середньозважену ступінь облистяності крон і дає відносне уявлення про біологічну продуктивність та екологічну асимілятивну здатність досліджуваної ділянки лісу.

$$H_1 = \sum_{i=1}^k Q_i \cdot f_i, \quad (2.1)$$

де Q_i – частка суми площ перерізу дерев i -тої категорії стану в загальній сумі площ поперечного перерізу всіх стовбурів дерев;

f_i – коефіцієнти облистяності дерев різних категорій станів (1,0 – без ознак ослаблення; 0,8 – слабо ослаблені (втрата облистяності до 25 %); 0,6 – ослаблені (втрата облистяності до 50 %); 0,4 – сильно ослаблені (втрата облистяності до 75 %); 0,2 – всохлі (втрата облистяності понад 75 %); 0 – сухостій / бурелом поточного року та минулих років).

Другий біотичний індикатор – індекс структурного різноманіття лісового біоценозу. Він відображає збереження структури ключових елементів лісового середовища в обстежених ділянках лісу. Практично неможливо визначити абсолютну різноманітність видів в лісовій екосистемі. Але, можна вдатися до методу відносної оцінки. Наприклад, різноманітність ключових середовищ існування в лісових екосистемах побічно дає уявлення про ступінь представленості лісових видів («різноманітність породжує різноманітність»). Індекс структурного різноманіття побудований на основі індексу Бріллюена, який є одним з універсальних показників різноманітності в теорії інформації. Він розраховується за формулою:

$$H_{str} = \frac{1}{M} \ln \frac{m_1! m_2! m_3! \dots m_i!}{M!} \quad (2.2)$$

де m_i – числове значення i -го компонента різноманітності

Узагальнюючи дані регулярних спостережень, слід врахувати такі важливі показники, як H_3 – еквівалентний рівень звуку внаслідок руху транспорту на ШЗТ, H_4 – концентрацію солей металів в КЕЗТ та H_5 – рівень радіаційного випромінювання. Тому ми пропонуємо структуру комплексного показника життєздатності розглядати у вигляді:

$$\vec{H} = (H_1, H_2, H_3, H_4, H_5) = (H_1, H_{str}, H_3, H_4, H_5) \quad (2.3)$$

З позицій задач екосистемного моніторингу необхідно:

- по-перше, обґрунтувати систему ранжування (градування) значень екологічних індикаторів в залежності від ступеня відхилення стану

біотичного компонента екосистеми від екологічної норми;

- по-друге, отримати інтегральну оцінку стану НПС в умовах багатofакторного антропогенного впливу.

В ході аналізу методів згортання екологічної інформації та нормування значень екологічних параметрів [10, 65 124] був розглянутий та проаналізований метод побудови функцій бажаності (МФБ). Його корисні властивості – можливості побудови оціночних шкал для окремих рядів параметрів (часткових функцій бажаності) і побудови узагальненого показника якості на основі часткових параметрів (узагальнені функції бажаності). Логічно, такий підхід відповідає ідеї екологічних модифікацій. МФБ є одним з підходів до формалізації суб'єктивних невизначеностей у багатокритеріальних задачах. Метод побудови узагальненої функції бажаності (МФБ) запропоновано С. Харрінгтон (1965). Він являє собою математичний інструментарій перекладу реальних значень параметрів в єдину безрозмірну числову шкалу з фіксованими межами від 0 до 1 і подальшого відображення часткових кількісних шкал в узагальнені шкали критеріїв якості. Для перетворення часткових відгуків (рядів спостережуваних значень параметрів) у часткові функції бажаності використовується експоненціальна залежність: $d = \exp(-\exp\{-y'\})$, де y' – кодоване значення ознаки. Вона має декілька критичних точок (ординати точок перегину, або базові точки – 0,2; 0,37; 0,63; 0,8, що дозволяє задавати межі градацій бажаності не довільним, а однозначним чином). Це дає можливість не тільки оцінити абсолютні величини показників, але і виявити, наскільки вони близькі до області погіршення, керуючись строгими інтервальними діапазонами: від 0 до 0,20 («дуже погано»); від 0,20 до 0,37 («погано»); від 0,37 до 0,63 («задовільно»); від 0,6 до 0,80 («добре»); від 0,80 до 1,0 («добре»).

Для обліку і оцінки елементів лісового структурного різноманіття може бути розроблена спеціальна шкала оцінювання структурного різноманіття КЕЗТ.

При регулярному стаціонарному екосистемному моніторингу з допомогою індексу можна вловлювати динамічні зміни в стані біогеоценозу, які можуть бути неочевидними при застосуванні традиційних методів оцінки.

У багатокритеріальній оцінці індикацію стану КЕЗТ за біотичними показниками можна поєднувати з характеристиками абіотичної складової НПС. При цьому, параметри абіотичного середовища можна оцінювати як з позицій безпеки для лісових біоценозів, так і з позицій санітарно-гігієнічного нормування.

2.4. Компартментальний аналіз як засіб визначення екологічного індексу КЕЗТ

КЕЗТ є замкненою системою матеріальних потоків (на противагу енергетичним потокам). Переходячи з одного продукту в інший та змінюючи форми свого стану, матерія циклічно циркулює в цій системі. Саме тому загальна маса матерії не змінюється, незалежно від того що відбувається на шляхах залізничного транспорту.

У сучасному соціально-економічному середовищі матеріальні потоки і процеси відбуваються за лінійною схемою. Але, на нескінченному відрізку часу матеріали, що пройшли через техносферу, заново повертаються у навколишнє середовище як сировина. Концепція життєвого циклу розглядає продукти/послуги з початку їх фізичного виникнення і до моменту припинення їх функціонування.

Вихідні потоки енергії можуть бути як відходами досліджуваної системи, так і слугувати ресурсами (вхідними потоками) в іншу систему. На всіх стадіях життєвого циклу КЕЗТ має місце певне забруднення, використовуються енергія та матеріали.

Для визначення екологічного індексу КЕЗТ необхідно здійснити три частини аналізу: інвентаризаційну → екологічного впливу → можливостей поліпшення [137]. Всі три частини дослідження взаємопов'язані через етап формулювання задачі та встановлення меж досліджуваної системи. Формулювання завдання є важливим етапом, що становлять основу всього аналізу.

Формулювання завдання – це особливо важлива стадія аналізу, так як на ній визначається зміст і порядок виконання всіх подальших стадій. Для формулювання завдання необхідно відповісти на питання «для якої мети

проводиться аналіз?». Для цього нам слід: знати, яка саме система аналізується; переконатися, чи можна порівняти систему за її функціями; знати, хто і як буде користуватися отриманими результатами аналізу; чітко визначити, за якими параметрами буде проводитися аналіз; встановити причини, за якими для порівняння були обрані саме ці параметри (параметри повинні бути репрезентабельними, тобто відповідати цілям аналізу); визначити призначення системи і функціональну одиницю, використану для аналізу; визначити масштаб і глибину проведеного аналізу або, іншими словами, визначити межі аналізованої системи.

Останній аспект найбільш важливий, тому що вибір меж системи визначає тривалість, складність, точність і повноту результатів аналізу.

Межі системи – це стадії та елементи енергетичного балансу, які розглядаються в аналізі життєвого циклу продукту/послуги [61]. Межі також включають відповідний проміжок часу, географічні координати системи, тип технології, яка використовується на даний момент, а також набір аналізованих параметрів впливу на довкілля [149]. Вибрані межі системи продукту не повинні бути ні надто вузькими, ні надто широкими. Приклад можливого вибору меж системи зображений на рисунку 2.5.

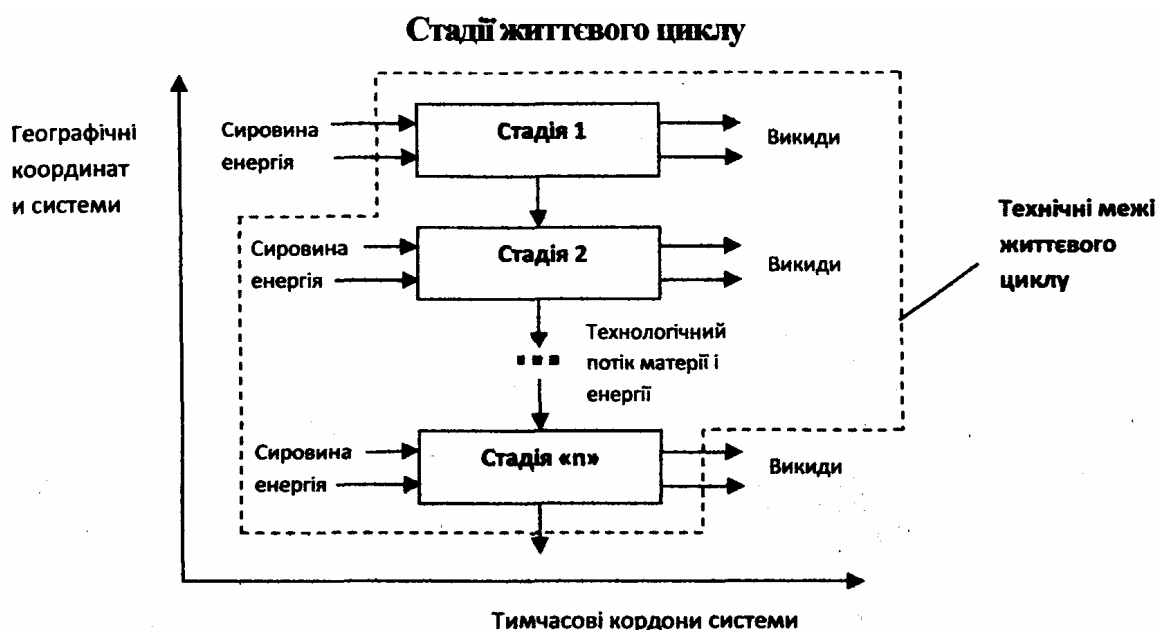


Рисунок 2.5 – Приклад аналізованої системи та обраних для дослідження меж

Важливо обмежувати межі системи для забезпечення прийняттого рівня точності результатів. По-перше, обмежувати аналізовану систему потрібно тому, що система без обмеження може розростися до неймовірних розмірів. По-друге, аналізована система не може бути занадто простою, тому що можливе упущення окремих складових життєвого циклу, що здійснюють істотні екологічні впливи. У такому випадку результат аналізу буде неточним.

Межі системи і функціональна одиниця аналізу залежать від мети дослідження. Тут також має бути встановлений порівняльний технологічний рівень досліджуваних альтернатив створення продукту/послуги.

Якість функціонування багато в чому визначає функціональну одиницю, яка є одним з найголовніших аспектів, що впливають на якісні розрахунки. Під функціональною одиницею ми розуміємо кількісний вираз функції системи, яка відображає характеристики аналізованих систем. Функціональна одиниця – це основа для всіх наступних розрахунків, вся інформація, зібрана на стадіях інвентаризації та оцінки впливів, відноситься до функціональної одиниці.

Інвентаризаційний аналіз – це фаза, призначена для збору кількісних даних, що характеризують весь життєвий цикл. На цьому етапі ідентифікуються й аналізуються всі потоки (входи/ виходи) системи, які знаходяться в обраних межах системи. Потоки системи можуть бути розділені на потоки матерії (сировина, продукти, відходи) і потоки енергії. Дані збираються в таблиці, які називають інвентарними профілями.

Після збору кількісної інформації про матеріальні та енергетичні потоки системи останні оцінюють з екологічної точки зору. Оцінювання екологічного впливу – це стадія, на якій дані про різні викиди у довкілля, зібрані на стадії інвентаризації, характеризуються і оцінюються в різних групах і за різними параметрами. Іншими словами, встановлену кількість викидів інтерпретують у вигляді нанесеного екологічного збитку.

Створення мінімальної моделі для КЕЗТ – такої, що агрегує в невеликому числі змінних інформацію про захисні насадження і піддається чисельно-аналітичному дослідженню є актуальним та важливим завданням в умовах антропогенної трансформації навколишнього природного середовища з боку

залізниці. Одним з підходів, що реалізують цю концепцію, є компартментальний аналіз. КЕЗТ розбивається на блоки, що містять певні запаси речовини і енергії та здатні здійснювати обмін та перенесення не лише між собою, але й з навколишньою природою. На основі біологічної інформації задаються швидкості обміну, а також швидкості вхідних і вихідних потоків. Модель, яку ми отримуємо називається компартментальною, а блоки - компартментами (*compartment* – відділення, розділ).

Перевага такого підходу полягає в тому, що, по-перше, немає потреби ретельно збирати дані про взаємодію сотень або тисяч видів, що мешкають у КЕЗТ, а по-друге, дослідник відносно вільний у виборі змінних і предмету обміну (замість біомаси можна оцінювати концентрацію будь-якого важливого для живих організмів хімічної речовини, в тому числі поллютантів та седиментів).

Програмне забезпечення *SimaPro* є професійним інструментом для збору, аналізу та моніторинг екологічних характеристик складних, полікомпартментних систем, до яких відносимо і КЕЗТ. За його допомогою можна легко моделювати й аналізувати складні життєві цикли систематизованим та зрозумілим способом.

Для аналізу якості функціонування КЕЗТ на шляхах залізничного транспорту були згруповані необхідні дані, а саме: основні ресурси, що необхідні для функціонування КЕЗТ та залізничних шляхів, комплектуючі кожної складової сировини та матеріалу, які розглядаються як входи; процеси, такі як транспортування людей та вантажів, в тому числі і небезпечних, природно-кліматичні умови (виходи). Для зручності з роботою складові частини процесу були згруповані у дві групи:

- необхідні природні ресурси;
- технічні та технологічні засоби.

Поступово до програми заносились дані про окремі частини процесу із зазначенням складових матеріалів, компонентів і процесів, що їх супроводжували.

Програмне забезпечення (ПЗ) *SimaPro* дає можливість аналізу з урахуванням сценаріїв розвитку КЕЗТ, який можна моделювати самостійно, в

залежності від обраного варіанту впливу та кліматичних умов. Модель може містити лише один сценарій.

На основі проведеного енергетичного балансу КЕЗТ – будують дерево процесів для виявлення слабких точок аналізу (рисунки 2.6). Червоні лінії (або термометри) показують навантаження на довкілля, що утворюється в кожному процесі.

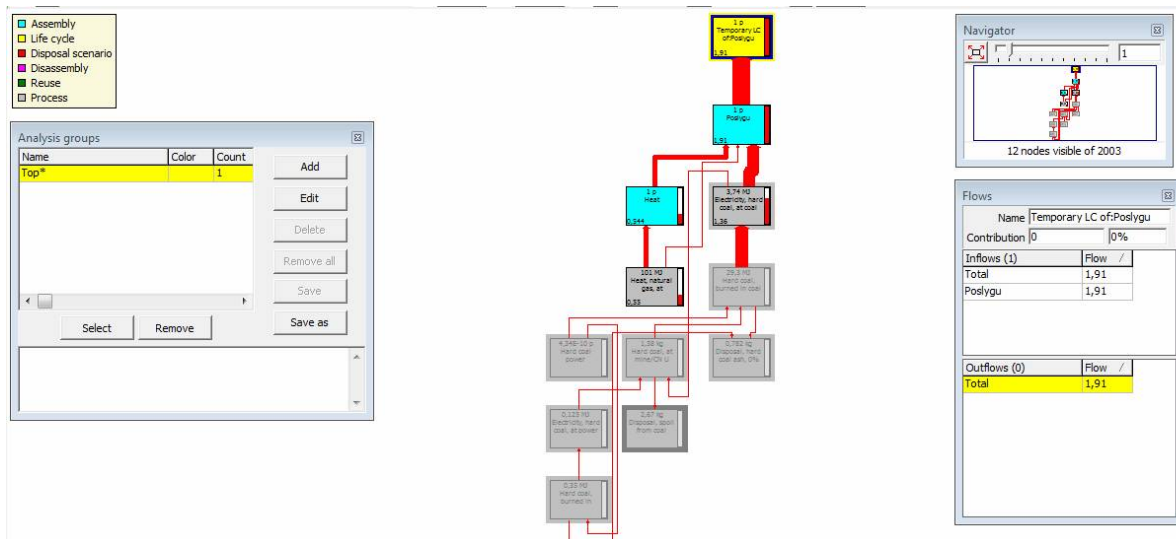


Рисунок 2.6 – Дерево процесів якості функціонування КЕЗТ на шляхах залізничного транспорту

Це дуже корисна особливість програми, яка дає змогу розрізняти важливі і менш важливі процеси (виявити «гарячі точки»). В нашому випадку «гарячими точками» є втрати, що пов'язані з антропогенним впливом на стан КЕЗТ рухомих складом залізниці. На рисунку 2.6 також чітко прослідковується і позитивна тенденція – затримання політантів та седиментів КЕЗТ на шляхах залізничного транспорту. На згаданому рисунку (див. рисунок 2.6) товщина лінії відображає навантаження процесу на довкілля за системою *Eco-indicator 99*. Відображений на цьому рисунку також інтегрований показник – екологічний індекс, виражений в екобалах. Така можливість дозволяє порівнювати різні за своєю структурою процеси, що містять відмінність у енергетичних балансах, проте, використовують один і той самий набір (входів) компонентів навколишнього природного середовища.

Енергетичний баланс є, зазвичай, занадто розгалуженим і не дає змоги побачити всі процеси на екрані одночасно. Однак, використавши функцію довіри, для дерева процесів, ми можемо завдяки різному забарвленню чітко

відстежити окремі складові послуги (блакитний колір), життєвий цикл (жовтий колір) і частину, присвячену сценарію, (червоний колір).

Після закінчення побудови дерева ми провели аналіз оцінки впливів на довкілля. Процес аналізу складався з таких п'яти елементів: характеристика → оцінювання шкоди → нормалізація → зважування → визначення екологічного індексу.

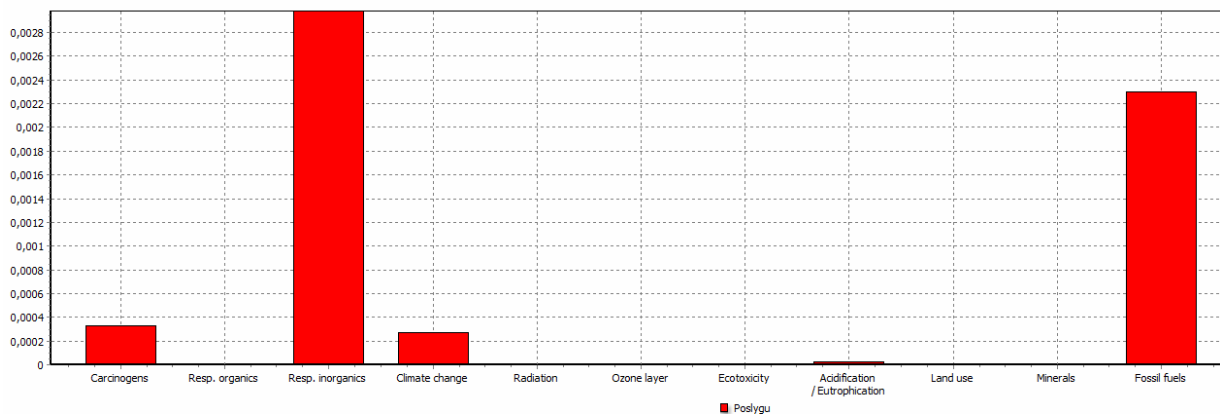


Рисунок 2.7 – Оцінка впливів на КЕЗТ з боку рухомого складу залізниці

Наступним кроком стало продовження аналізу на основі «характеризації». Це групи входів і виходів, які розподіляються між одинадцятьма категоріями впливу відповідно до методології *Eco*-індикатора 99. Характеризація показує відносну силу небажаних впливів, кожен з відповідним матеріалом життєвого циклу у визначенні питомої ваги: канцерогенів, респіраторних речовин, змін клімату, радіації, впливу на озоновий шар, еко-токсичність, викопних видів палива, змін у землекористуванні, мінералів, підкислення/евтрофікації. Всі від'ємні значення потрапляють у сферу функціонування КЕЗТ, і представляють собою заходи із запобігання викидів шкідливих речовин, тому дані значення свідчать про позитивні, бажані з точки зору стану навколишнього природного середовища процеси, тобто говорять про те, що речовини вловлюються.

Як обчислювальні процедури, які використовуються для агрегування даних у впливі категорій, застосовуються екологічні моделі для порівняння різних внесків у ті ж екологічні проблеми. Це завдання може бути досягнуто за допомогою еквівалентності факторів, передбачених моделями (рисунок 2.8).

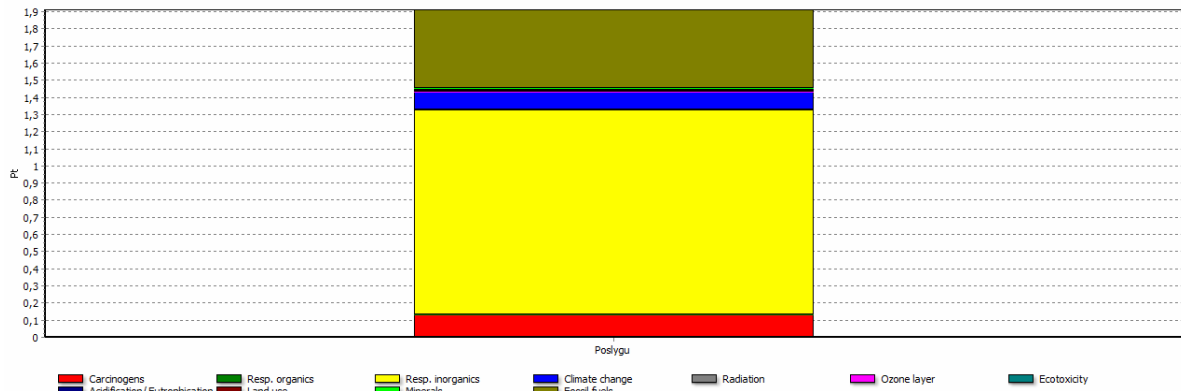


Рисунок 2.8 – Екологічні моделі внесків у якість функціонування КЕЗТ

З цього графіка (див. рисунок 2.8) ми бачимо характерні результати специфікації – це свідчить про те, що у деяких категоріях впливів домінує вплив рухомого складу залізниці, проте, він не применшує значення якісних показників функціонування КЕЗТ, всі впливи відображені на 100%-ій шкалі, кольори демонструють внесок кожного елемента.

Аналогічно можна оцінити впливи на довкілля на наступних етапах аналізу: оцінка збитків → нормалізація → зважування → визначення екологічного індексу.

Для отримання більш практичних результатів можна всі впливи об'єднати у три категорії, а саме: здоров'я людини (канцерогени; респіраторні речовини; зміна клімату; радіація; озоновий шар; еко-токсичність); якість КЕЗТ (стан ґрунту; життєздатність); природні ресурси (мінерали; викопні види палива).

На рисунку 2.9 бачимо, що найбільший вплив від газопостачання враховуючи і забрудненні повітря здійснюється на природні ресурси та здоров'я людей.

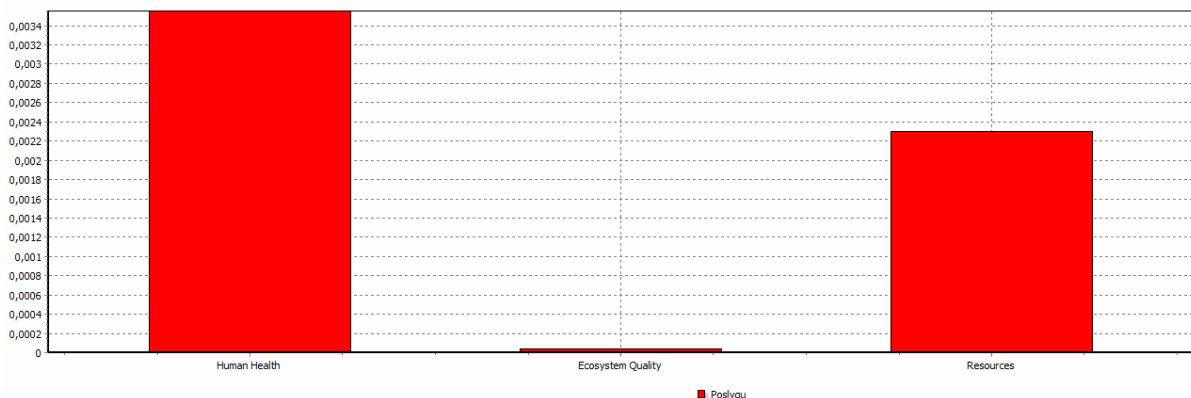


Рисунок 2.9 – Оцінка впливу на компоненти довкілля

Eco-індиктор 99 є одним із методів, який дозволяє нам прийняти одну оцінку для всієї системи, враховуючи вхідні та вихідні потоки, а також природно-кліматичні умови – так званий екологічний індекс. Це сума всіх окремих *eco*-точок або часткових індексів для всіх процесів, що відбуваються. Обчислювальна процедура здійснюється шляхом підсумовування результатів зважування фаз життєвого циклу. На рисунку 2.10 представлені остаточні результати якості функціонування КЕЗТ на шляхах залізничного транспорту.

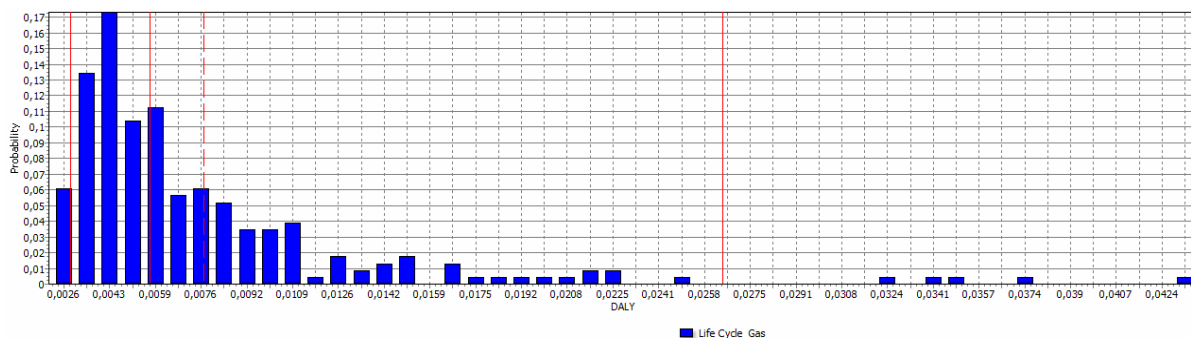


Рисунок 2.10 – Визначення екологічного індексу

Екологічний індекс становить у нашому випадку – 1,91. Для даного процесу були прораховані, також і екологічні сліди, що можуть виникати в майбутньому (рисунок 2.11). На основі отриманих даних можна формувати рекомендації для порашення функціонування КЕЗТ на шляхах залізничного транспорту.

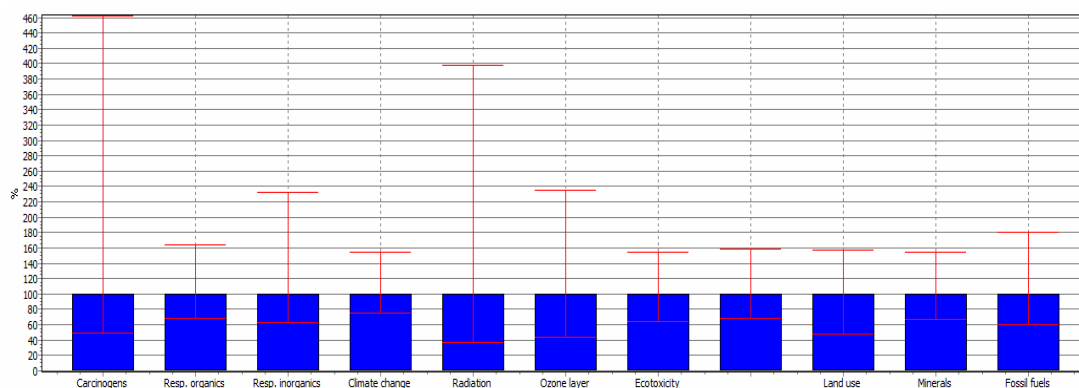


Рисунок 2.11 – Визначення екологічних слідів ситими

Стратегія еко-ефективності (ЕЕ), як основний ідикатор якості функціонування будь-якої системи досягається через надання конкурентно оцінених товарів і послуг для задоволення потреб людини і підвищення життя за умови невинного послаблення впливів на довкілля і зменшення ресурсомісткості впродовж усього життєвого циклу до рівня, який відповідає «можливостям глобальної екосистеми». Таким чином, ЕЕ поєднує економічний

збиток з якістю довкілля. ЕЕ – це філософія управління, яка спонукає покращувати якість довкілля, отримуючи при цьому зиск.

2.5. Висновки до розділу 2

1. Визначено поняття «якість КЕЗТ» та встановлено оцінку за двома показниками: захисна ефективність та життєздатність.

2. На основі опрацьованого матеріалу та для зручності розв'язання задач управління в КЕЗТ запропонована вертикальна та горизонтальна структури, які задаються ярусами та горизонтами, відповідно.

3. Розроблено схему узагальнених заходів організації щодо підвищення якості функціонування КЕЗТ на основі аналізу міжнародних стандартів систем менеджменту якості *ISO 9001:2015* та екологічного менеджменту *ISO 14001:2015*.

4. Запропоновано структуру комплексного показника життєздатності КЕЗТ: комплексним показником життєздатності КЕЗТ – вектор, компонентами якого є часткові показники КЕЗТ: H_1 – індекс стану КЕЗТ; H_2 – індекс структурного різноманіття КЕЗТ; H_3 – еквівалентний рівень звуку в КЕЗТ внаслідок руху транспорту на шляхах залізничного транспорту; H_4 – концентрація солей металів в КЕЗТ; H_5 – рівень радіаційного випромінювання.

5. Запропоновано досліджувати КЕЗТ за допомогою компартментального аналізу, при цьому ступінь керованості КЕЗТ за допомогою системи блоків-компаратментів залежить, у першу чергу, від вибраних критеріїв оптимізації. Система критеріїв і субкритеріїв виявляє мету будь-якого блоку в системі моделей та основні стратегічні критерії, через які досягається кінцева мета управлінського процесу.

6. Визначено *Eco*-індикатор КЕЗТ, як замкненої системи матеріальних потоків, відображених у дереві процесів. *Eco*-індикатор є одним із методів, який дозволяє прийняти одну оцінку для всієї системи, враховуючи вхідні та вихідні потоки, а також природно-кліматичні умови – так званий екологічний індекс. Це сума всіх окремих *eco*-точок або часткових індексів для всіх процесів, що мають місце в системі.

РОЗДІЛ 3. МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЖИТТЄЗДАТНОСТІ КЕЗТ

3.1. Аутокологічні принципи функціонування КЕЗТ

Деревні рослини – комплексні системами, для визначення їх взаємозв'язку необхідна багатофакторна система. Оцінку реакції деревних рослин на умови середовища, як правило, проводять шляхом екологічного моніторингу. Успіх цієї роботи залежить від природо-кліматичних умов регіону, в якому проводиться екологічний моніторинг. Відомий еколого-фізіолог Вальтер [24] відзначає, що робота в природних умовах пов'язана з особливими труднощами:

- неможливо використати чутливе лабораторне обладнання, оскільки, постійно змінюються умови НПС та неоднорідності процесів функціонування КЕЗТ не забезпечують переваг особливо точних вимірювань;
- необхідна велика кількість вимірювань та паралельні дослідження;
- жоден дослід не можна відновити, оскільки початкові умови і передісторія об'єкта щоразу змінюються.

Однак, Вальтер вважає, що труднощі польових випробувань не диктують необхідності повного переключення на роботу в лабораторних умовах. Реальна деревна рослина знаходиться в середовищі, яке безперервно змінюється. Еколого-фізіологічні дослідження розглядають рослини:

- по-перше, як єдиний організм, життєві функції якого тісно взаємозв'язані;
- по-друге, дослідження проводяться за умов НПС, які постійно змінюються і часом може різко активуватися якийсь екстремальний фактор;
- по-третє, слід враховувати фактор конкуренції, який, як правило, свідчить про непрямий характер прояву окремих зовнішніх факторів;

- по-четверте, дослідження мають базуватися на вимогах переходу від аналізу до синтезу, на необхідності зрозуміти те значення, яке має для існування деревної рослини за природних умов взаємозв'язок різних факторів.

Біологічні науки досягли великих успіхів в осмисленні основного процесу синтезу органічної речовини на Землі – фотосинтезу. Виявлені взаємозв'язки фотосинтезу і продуктивності рослин, кліматичних умов, росту рослин. Стосовно деревних рослин можна виділити три напрямки моделювання:

- підбір математичних залежностей до експериментальних даних;
- теоретичне моделювання основних механізмів взаємовідносин рослин та їх органів;
- імітаційне моделювання за допомогою комп'ютерної техніки, яке об'єднує два перших напрямки.

В основі імітаційного моделювання лежить системний аналіз. Завдяки розвитку комп'ютерної техніки та технологій програмування можна розв'язувати задачі не уникаючи складних моделей.

При дослідженні еколого-фізіологічних характеристик рослин необхідно вивчати зв'язок процесу росту рослин з великою кількістю факторів, тобто досліджувати функцію багатьох змінних, вигляд якої невідомий [49]. Наявність великої кількості змінних факторів обумовлює значні ускладнення їх аналізу навіть за умов автоматизації збору результатів вимірювання та їх опрацювання. Тому, при вирішенні проблеми прогнозування якості функціонування КЕЗТ необхідно враховувати дві проблеми: економічність експериментів і компактність подання результатів. Розв'язання цих проблем є реальним завдяки плануванню експериментів, тобто використанню при постановці дослідів таких схем, використання яких забезпечує за обмеженої кількості дослідів одержання статистично надійних даних.

3.1.1. Спрямованість екологічних факторів

Фактори, які входять до складу функціонального середовища живих організмів, непостійні, що є наслідком специфіки зв'язків живих організмів із середовищем.

Дія екологічних факторів середовища на організм відбувається за двома схемами. Першу з них характеризує принцип «все або нічого», який добре ілюструє явище хижацтва. За другою схемою, яка стосується рослин, більшість факторів впливає на організми за принципом градієнтів. Це означає, що певна напруженість діючого фактора зумовлює відповідне йому посилення екологічної реакції організмів. Типовим прикладом дії градієнтів середовища є характерна пояси́сть рослинного покриву в умовах гірських мегасхилів. Цей тип взаємодії організмів і середовища включає більшість факторів (кліматичні, ґрунтові, гідрологічні, орографічні і т.д.) [121].

Фактори середовища, які мають найбільше значення для організму, зумовлені двома аутоекологічними принципами, сформульованими Тінеманном у 1942 р. [55]:

- живі організми пов'язані з середовищем передусім через свої життєві потреби. Цей принцип є методологічною основою, згідно з якою ведуть пошук факторів середовища, що впливають на організм, вивчаючи одночасно біологію виду та його потреби;
- вимоги організму виникають з його морфологічних пристосувань, установлених впродовж тривалого часу. Ці пристосування тісно пов'язані з особливостями місцезростання, які вибирає даний вид у природі.

Другий принцип Тінеманна витікає з першого. Адже відомо, що більшість видів поселяються лише в окреслених місцях, які характеризуються специфічною системою середовищних стосунків. Кожний з біологічних видів займає певне місце в біоценозі – життєвому соціумі, ансамблі, до якого мусить бути пристосований.

При вивченні життєздатності рослин слід мати уяву про межі толерантності деревних рослин за факторами, які вивчаються (рисунок 3.1). Наприклад, за характером впливу на термоопірність рослини толерантний

діапазон поділяють на зони, при переході меж яких міняється норма реакції рослини, відбуваються якісні зміни в метаболізмі рослин, які проявляються у зміні термоопірності. Досить важливим є врахування факторів, які є визначальними в реакції рослин.

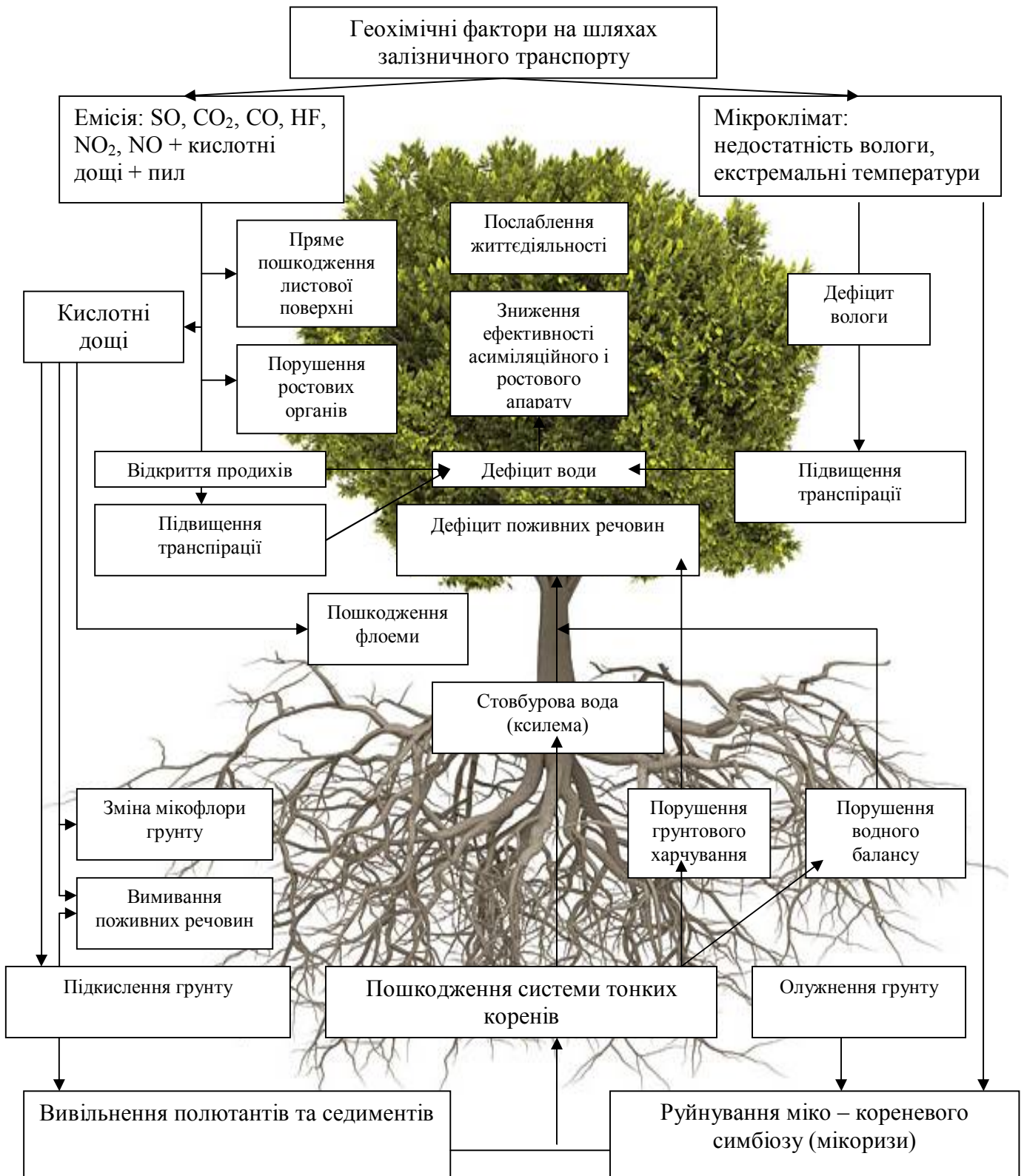


Рисунок 3.1 – Вплив геохімічних чинників на життєвість деревної рослини

За екстремальних умов може мати значення якийсь з неврахованих факторів, що проявляє себе досить виразно у сприятливих умовах.

Життєздатність рослин неперервно пов'язана з середовищем, з комплексом біотичних і абіотичних факторів [46, 47]. До абіотичних факторів відносять: надґрунтові кліматичні умови (світло, температура, волога, концентрація вуглекислоти), ґрунтове середовище (температура ґрунту при постійних значеннях рівня вологи і фону мінерального живлення). Кількість досліджуваних факторів є обмеженими з таких міркувань [88, 89]. По-перше, в природніх умовах реальна можливість управління мінеральним живленням рослин, в деякій мірі – водним режимом ґрунту і досить обмежено, шляхом застосування різних агротехнічних міроприємства – температурним режимом ґрунту. По-друге, надземні фактори – світло, температура, концентрація вуглекислоти – практично некеровані. Роль і значення некерованих факторів та їх співвідношень в життєдіяльності деревних рослин можна вивчати статистичними методами [111].

Вуглекислота є основним будівельним матеріалом рослини. Оскільки нормальна концентрація CO_2 в повітрі складає біля 0,03% (об'ємна частка), то для забезпечення листя вуглекислотою та рослини в цілому киснем необхідний добрий обмін повітря. У зв'язку з цим природніх умовах досить важливим є вторичний кліматичний фактор – вітер і вертикальний обмін повітря.

Ґрунт є середовищем, яке постачає рослині воду, елементи мінерального живлення і мікроелементи, які необхідні для утворення органічної речовини та забезпечення процесів метаболізму, і вуглекислоту за рахунок життєздатності коренів і мікроорганізмів, для яких ґрунт є середовищем існування.

Розглянемо особливості прояву окремих факторів середовища на ріст деревних рослин.

3.1.2. Променева енергія

Променева енергія, або сонячна радіація, є основним джерелом життя на Землі. Якщо не брати до уваги невеликої кількості енергії, яка йде від розпечених надр земної кулі, то вся енергія, отримувана поверхнею Землі,

надходить від Сонця. Від нього до Землі доходить потік променів, довжина хвиль яких становить від менше тисячної ангстрема ($1\text{E}=10^{-8}\text{ см}$) до декількох тисяч метрів. З екологічної точки зору лише інфрачервоні, видимі і ультрафіолетові промені відіграють біологічну роль.

Кількість променистої енергії, яка проходить через атмосферу, є практично постійною: 1,98 до 2 ккал/см² хв, або $5\cdot 10^{20}$ ккал в рік на всю земну кулю. Цю величину називають сонячною сталою [199].

Кількість радіації, яка доходить до поверхні Землі, залежить від кута падіння сонячних променів і прозорості атмосфери, від дня чи ночі (рисунок 3.2). Протягом чотирьох літніх місяців помірно-холодна зона (48-52 п.ш.) одержує 36 ккал/см² сонячної енергії, а протягом року – 54,7 ккал/см².

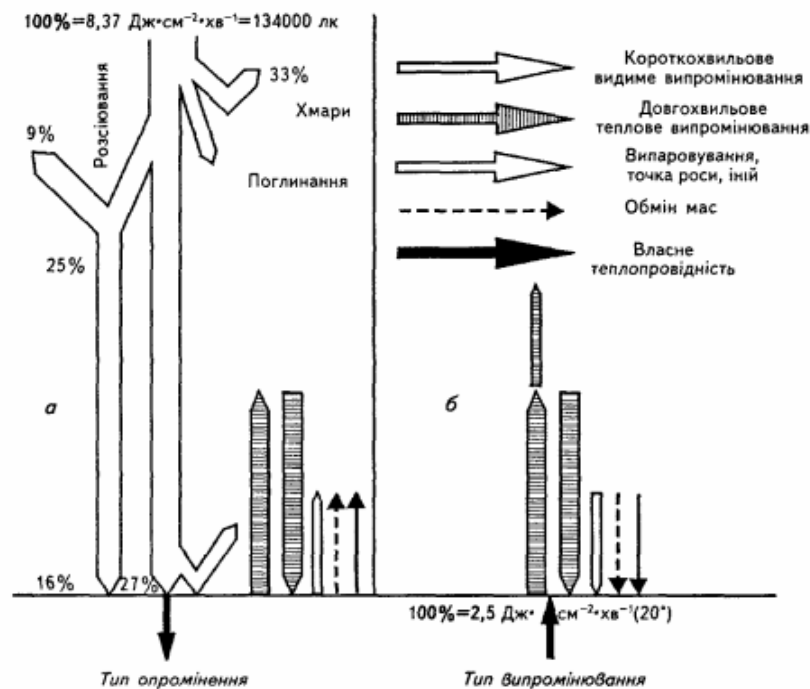


Рисунок 3.2 – Денний (а) та нічний (б) баланс випромінювання [114]

Однак, при аналізі життєздатності рослин ми маємо справу не з середніми кліматичними нормами, а з конкретними погодними умовами конкретного року і місяця. Виявлення якісних і кількісних залежностей життєздатності від погодних умов ускладнюється тим, що вивчення головних метеофакторів не розкриває впливу комплексу інших елементів, які складають погодні умови польових досліджень і в силу різних причин, які не піддаються обліку.

Сонячна радіація є основним фактором, який визначає рівні впливу інших факторів клімату, внаслідок чого дію світла не можна розглядати поза зв'язком з іншими абіотичними факторами і, в першу чергу, з температурою і вологістю. Тому результати, які встановлюються для регіону Львівської залізниці, не можуть бути використані для аналогічних висновків щодо інших регіонів.

Сонячна радіація, її спектральний склад, інтенсивність, добова і сезонна періодичність визначають закономірності життєздатності рослинних організмів. Тому будова, форма і функції рослин добре пристосовані до засвоєння променистої енергії в процесі фотосинтезу.

Залишаючись постійною за спектральним складом сумарна сонячна радіація міняється за інтенсивністю в широких межах протягом доби та відповідно до пір року. Постійність спектрального складу сонячної радіації протягом більшої частини доби є передумовою для спрощення імітаційного моделювання впливу світла на деревні рослини. Слід відмітити, що листя деревних рослин в процесі еволюції набули властивостей найбільш повно використовувати сонячну енергію в широкому діапазоні зміни її інтенсивності. Співвідношення розмірів листя (відношення площі до товщини, довжини і ширини), їх форма, орієнтація і взаєморозміщення, наявність транспіраційного апарату забезпечують максимальне поглинання променистої енергії за низького рівня опромінення і завдяки добрій тепловіддачі і транспірації запобігають перегріву за високого рівня опромінення. Фотосинтетичний апарат рослин пристосовується до умов освітлення і перебудовується при зміні світлового режиму. Радіація в межах 400 – 720 нм є фотосинтетично активною (ФАР), і життєздатність рослин в значній мірі визначається рівнем інтенсивності світлового потоку в цих межах.

3.1.3. Температура

На кожную частину рослини в різні пори року і доби впливають різні температури внаслідок майже постійної динаміки тепла і світла, що надходить із оточуючого середовища. Амплітуду цих коливань російський вчений С.І. Радченко назвав температурними градієнтами в часі – сезонними і добовими (рисунок 3.3).

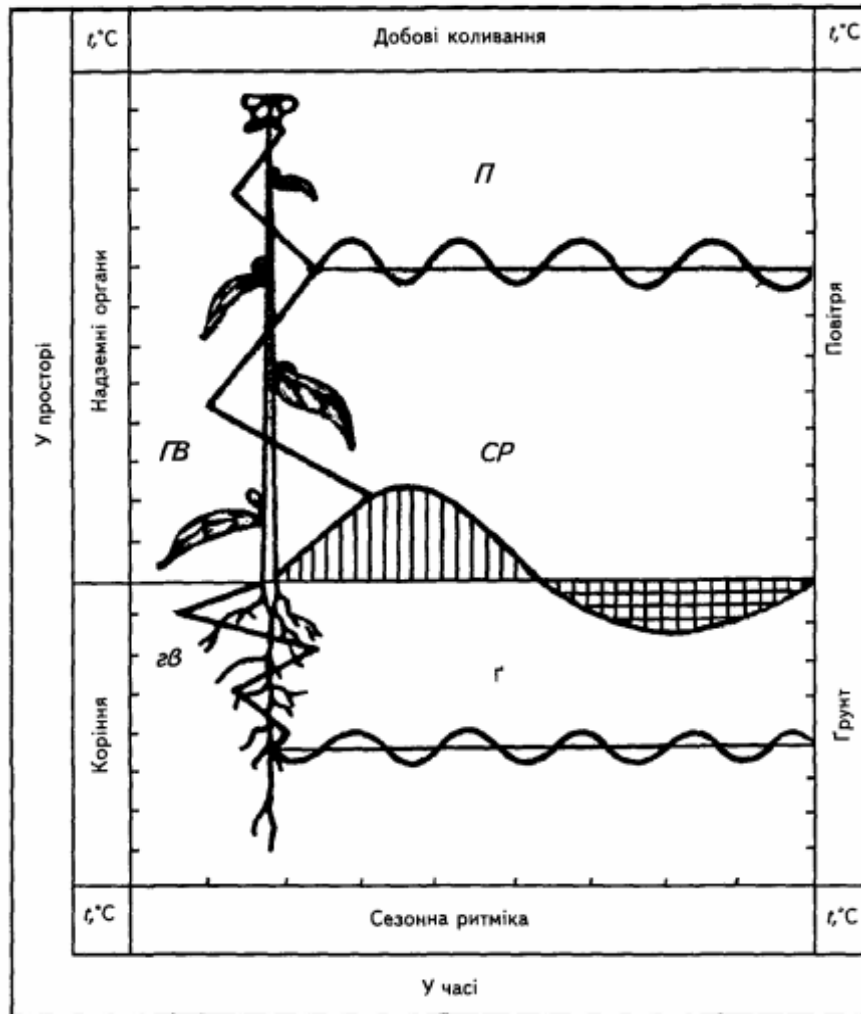


Рисунок 3.3 – Схема взаємозв'язку градієнтів в часі і просторі.

Добові коливання температури повітря (P) і ґрунту (G): криві над горизонтальними лініями – денна температура; криві під лінією – нічна температура; CP – сезонні та річні коливання температури повітря і ґрунту; GB – горизонтально-вертикальна динаміка температури повітря і надземних органів рослин; GB – горизонтально-вертикальна динаміка температури ґрунту і кореневої системи [113]

Різниця температур коріння, листя та інших органів, які розташовані в різних точках дерева, одержали назву температурних градієнтів – вертикальних і горизонтальних (рисунок 3.4). Оскільки температура тіла рослин не завжди відповідає температурі ґрунту або повітря, то вчений виділяє дві основні групи градієнтів – середовища і рослини. Останні, в свою чергу, поділяються на фізичні і біологічні.

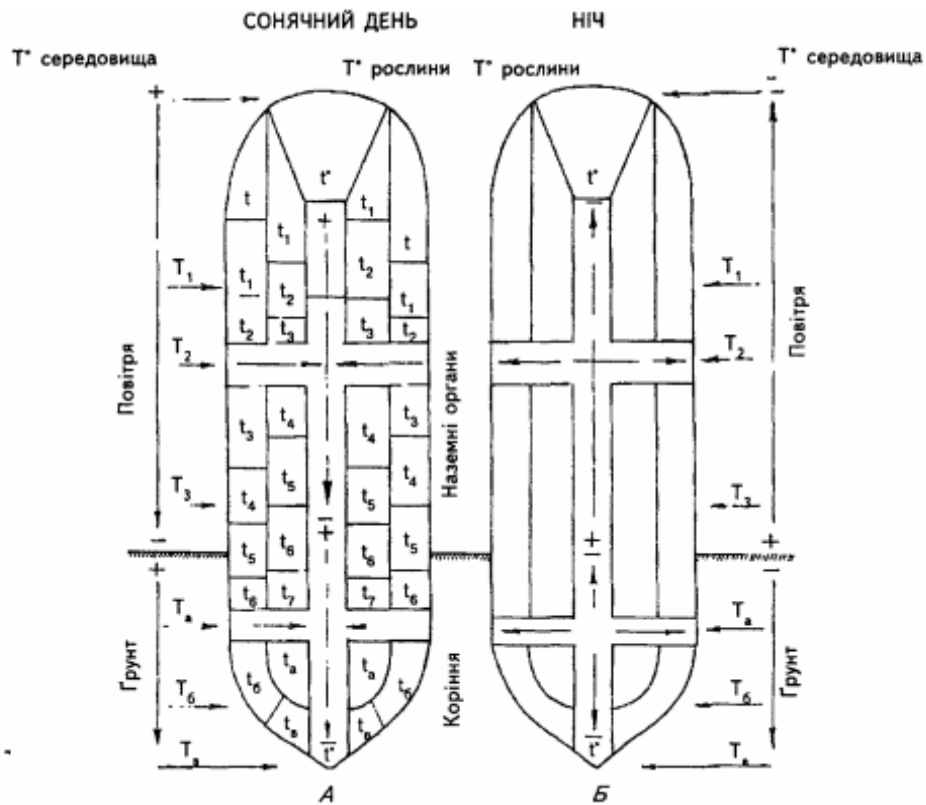


Рисунок 3.4 – Схема вертикального і горизонтального профілю температурних градієнтів рослин (за С.І. Радченком, 1966) [115]:

A – відємний, *B* – додатний градієнт,

$T_1 - T_3, t_1 - t_7$ – температура повітря і наземної частини рослин,

$T_a - T_6, t_a - t_8$ – температура ґрунту та коріння

3.1.4. Освітлюваність

Екологічне значення освітлюваності характеризується трьома аспектами – тривалістю, інтенсивністю і характером (тобто довжиною хвилі світлового потоку). Інтенсивність і характер освітлюваності піддані сильній мінливості під впливом місцевих факторів і відбиваються в основному на мезо- і мікрокліматі.

Сонячну енергію, яку зелені рослини поглинають і використовують у процесі фотосинтезу, називають фізіологічно активною радіацією, або скорочено ФАР, яка обмежена довжиною хвиль 0,38-0,71 мкм, але і в цих межах вона неоднаково поглинається рослинами. Активність ФАР залежить від присутності в рослині кольорових пігментів: хлорофілів, каротиноїдів, фікоціанів та інших, які вибірково працюють у спектрах ФАР.

Зелені пігменти (хлорофіли) мають два основних максимуми поглинання – в червоній і синьо-фіолетовій частинах спектра. Каротиноїди ж поглинають окремі промені лише в синьо-фіолетовій частині спектра. Активність ФАР і вплив хвиль окремих частин спектрів залежить від кута падіння променя, прозорості атмосфери, розсіювання тощо.

В житті рослин велике значення має також кількість падаючого світла, тобто інтенсивність освітлення. Як відомо, вона залежить передусім від широтності і протягом вегетаційного періоду змінюється. В містах через забруднення атмосфери освітлюваність на 5-15% нижча, ніж в приміських зонах. Рослинний покрив, особливо деревні угруповання, пропускають під намет лише незначну частину світла – 5-10% (рисунок 3.5).

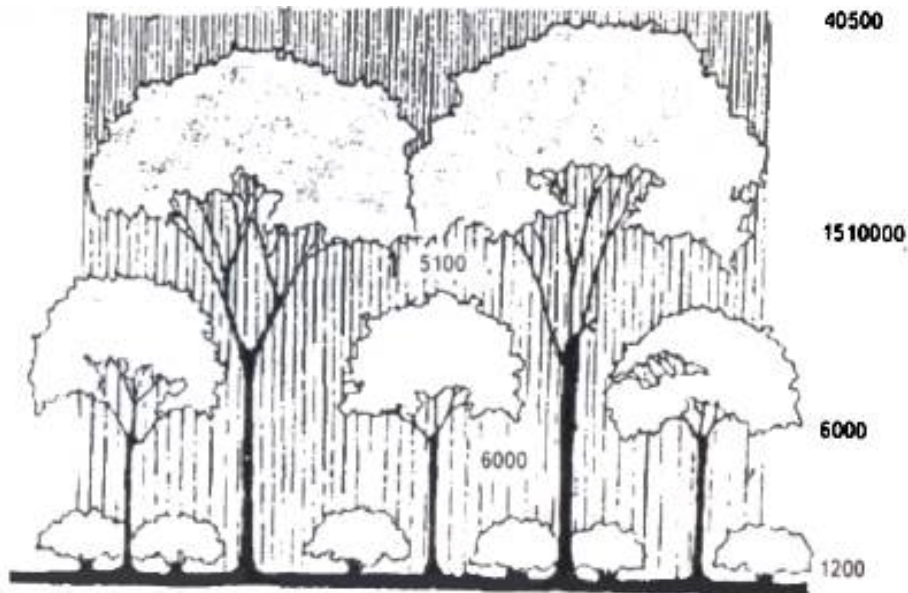


Рисунок 3.5 – Рівні проникнення світла під намет лісу [112,118]

Рослини упродовж життя потребують неоднакової кількості світла. Більшість деревних видів у молоді роки є справжніми тінюлюбамі: клен гостролистий, бук, смерека, ялиця.

На рослини впливають не лише інтенсивність і якість світла, але й тривалість освітлення. З цим пов'язані добовий і сезонний ритми розвитку активності рослин, названі фотоперіодизмом.

Розрізняють два типи фотоперіодизму: короткоденний і довгоденний. Відомо, що довжина світлового дня, крім періоду року, визначається

географічним положенням місцевості. Короткоденні види ростуть в основному у низьких широтах, а довгоденні – у помірних і високих. У видів з широким ареалом північні особини можуть відрізнятися за типом фотоперіодизму від південних. Таким чином, тип періодизму – це не екологічна, а систематична особливість виду.

Часто світло виступає як фотоперіодичний стимулятор. Щоб рослина могла вступити в черговий цикл росту і розвитку, їй потрібно пережити холод і одержати таким чином фізіологічне підтвердження того, що зима минула. Тоді поряд з температурою й іншими стимулами виступає світло у вигляді тривалості фотоперіоду, сигналізуючи про припинення періоду спокою (і відповідно початок вегетації).

Фотоперіодизм тісно пов'язаний з відомим механізмом біологічного годинника і служить універсальним засобом регулювання функцій у часі. Біологічний годинник зв'язує між собою ритми факторів середовища і фізіологічні, даючи змогу організмам передбачати добову, сезонну, припливно-відпливну й іншу періодичність. Характерним є те, що хоча вищі рослини і тварини різко відрізняються морфологічною будовою, зв'язки з фотоперіодичністю середовища у них подібні. Справа в тому, що довжина дня живими організмами сприймається чутливими рецепторами, такими, як око у тварин або спеціальний пігмент в листях рослин, а ці рецептори, в свою чергу, активізують один або декілька ланцюгових механізмів, які включають гормони і ферменти, зумовлюючи відповідний фізіологічний або поведінковий ефекти.

3.1.5. Взаємодія клімату та КЕЗТ

Як зазначено вище, клімат є головним фактором, який визначає характер рослинності – автотрофного блоку екологічних систем. Водночас рослини також певною мірою впливають на клімат. Як клімат, так і рослинність визначають процеси ґрунтоутворення і склад тваринного світу, який населяє дану місцевість. Про це свідчать дані таких наук, як біогеографія чи зоогеографія.

Рослинні організми регулюють мікрокліматоп. Розміщуючись паралельно або перпендикулярно сонячному промінню, організми (або окремі їх частини, наприклад, листки) можуть зменшувати ту загальну кількість сонячної енергії, яка на них в дійсності потрапляє. В полудень листя яскраво освітлених крон дерев часто опускається, тоді як листя затіненого підліску звичайно підставляє сонячному промінню всю свою поверхню.

Основна роль рослинного покриву – пом'якшувати більшу частину добових коливань, наприклад, температури, вологості та вітру. Водночас фотосинтез і дихання рослин впливають також на добові зміни концентрації кисню і вуглекислого газу.

У пом'якшуванні добових коливань температури і вологості повітря головну роль відіграє евапотранспірація – сумарне випаровування води як за рахунок чисто фізичного процесу випаровування, так і за рахунок біологічних процесів транспірації та дихання. Кількість води, яка в такий спосіб повертається в атмосферу, строго залежить від температури, збільшуючись з її підвищенням.

3.2. Моделювання росту насаджень

Для визначення компонент показника життєздатності КЕЗТ необхідно розробити математичні моделі росту діаметрів і висот деревних рослин з врахуванням впливу фотосинтезу та алгоритми їх розв'язування.

Одним з найпростіших і практичних підходів оцінювання маси дерева та його частин є встановлення залежностей маси частин дерева від його лінійних розмірів. Оскільки лінійні розміри визначити простіше, ніж масу, то часто використовують аллометричні залежності, які описуються рівняннями регресії. Досить повні огляди літератури з даної проблеми зроблені А.І. Уткіним [238] та В.А. Усольцева [236,237]. Дослідники використовують різні параметри і типи функцій, проте, як стверджує Д.Г. Щепаченко [259], підхід до цієї проблеми мало змінився з 1944 року, коли J.I. Kittredge [276] вперше застосував аллометричну функцію для оцінки маси листя, використовуючи рівняння:

$$M_{fr} = \alpha D_{1,3}^b \quad (3.1)$$

де M_{fr} – маса фракції фітомаси; $D_{1,3}$ – середній діаметр дерева на висоті 1,3 м; a, b – коефіцієнти [259, ст. 95].

Вхідною інформацією для розроблення методів визначення лінійних розмірів дерев (діаметрів та висот) за допомогою математичних моделей служать таксаційні показники основних лісотвірних порід (дуба та клена) КЕЗТ на ділянці площею 1 га протягом 80 років колії Львів – Стрий. Ці показники подані в таблицях Г.1 – Г.6, Додатку Г.

Математичне моделювання росту дерева є дуже розвиненою сферою наукового пошуку. Однією з заслуг цієї сфери стало значне упорядкування великої кількості емпіричних даних про ріст [33]. Разом з тим, мабуть, ще не знайдено загальноприйнятої моделі (функції росту) дерева чи виділено моделі для різних видів дерев, хоча, як вважається, базова феноменологія процесу росту добре відома. Тому, використовують різні моделі для різних видів дерев, виходячи з досвіду опрацювання експериментальних даних про ЗЛН, якими можна скористатися.

Загальна математична модель часового ряду ходу росту деякого таксаційного показника деревостану – $Y(t)$ – може бути подана у вигляді

$$Y(t) = V(t) + U(t) \quad (3.8)$$

де $V(t)$ – детермінована компонента; $U(t)$ – випадкова складова [11].

Детерміновану компоненту, або систематичну складову, можна розглядати як деяку лісорослинну норму, яку слід знаходити в дослідженнях масових процесів росту насаджень. Це – оптимальна лісорослинна норма росту деревних рослин за висотою, діаметром, запасом маси листя тощо. Випадкова складова $U(t)$ змінюється за деяким ймовірнісним законом розподілу та є коливанням (відхиленням) в рості навколо лісорослинної норми. Ці відхилення виникають при неоднорідності в умовах росту окремих насаджень, відмінностях в біологічній конкуренції дерев в деревостані. Вони можливі також через вплив оточуючих об'єктів, руху залізничного транспорту, помилок вимірювань тощо. В принципі, при повторенні ситуації цілком функція $V(t)$ повинна була б залишатися однією і тією ж (за однакових умов), а випадкові складові можуть бути різними як різні реалізації випадкового процесу росту лісу.

Існуючі таблиці ходу росту насаджень (Додаток Г, таблиці Г.7 – Г.11) є моделі, в яких вплив віку деревостанів проявляється тільки в детермінованій $V(t)$ складовій з тим або іншим ступенем надійності та достовірності. Це – класична ситуація регресійних моделей, де передбачається, що час ніяк не впливає на випадкову складову, тобто математичне очікування (середнє значення) випадкової складової тотожно дорівнює нулю, а дисперсія дорівнює деякій постійній величині, причому значення $U(t)$, в різні моменти часу некорельовані. Регресія (лінійна або криволінійна) зазвичай може бути використана для аналітичного вирівнювання дослідних даних, однак застосовувати її для екстраполяції або прогнозу росту деревостанів слід дуже обережно. Нарешті, дослідження, як правило, проводяться за умов так званого пасивного експерименту, де експеримент проводить природа (деревостан росте під впливом чинників НПС) з урахуванням господарської діяльності людини. Ця обставина пояснює одну з причин незначної придатності регресійних моделей, отриманих за умов пасивного експерименту при сильній кореляції вхідних змінних і викривленнях в оцінках коефіцієнтів регресії.

Для математичного опису детермінованої складової часового ряду росту деревостанів $V(t)$ застосовуються різні функції (К.Е.Нікітін, 1963; Л.Стренд, 1964; М. Продан, 1968; Н.Н. Свалов, 1974; Я.А. Юдицький, 1982). Це – параболи 2-3 порядків, рівняння, запропоновані Ф.Корсунем, модель логарифмічного типу Бакман тощо [230].

М. Продан і Е. Ассман [262] вказують дві основні ознаки кривих росту дерев і деревостанів:

- криві росту мають асимптоту при необмеженому збільшенні віку – пряму, паралельну осі абсцис;
- поточний приріст кривої росту зростає і досягає максимуму в точці перегину кривої, а потім зменшується і повільно падає до нуля, тобто до повного розпаду деревостану.

Максимум приросту залежить від деревної породи і умов росту. Якщо ці принципи процесу росту насаджень задовольняються математичною моделлю,

то така модель цілком підходить для моделювання продуктивності деревостанів.

Кількість функцій росту, запропонованих в різний час дослідниками, становить кілька десятків і збільшується з кожним роком. Техніка розрахунків параметрів функцій росту описана в книзі М. Продана [291]. Всі формули можна розділити на дві групи: отримані шляхом формально-математичних побудов, або сконструйовані на основі енергетичних уявлень.

Математичні моделі росту захисних насаджень дозволяють розраховувати процес утворення фітомаси в таких межах, які забезпечують фотосинтез достатній для росту та оптимального функціонування КЕЗТ. Для цього застосовують методи розрахунку росту і продуктивності насаджень на основі зміни ваги і площі асиміляційного апарату за певний проміжок часу.

Періодичне визначення ваги рослин (W) і площі асиміляційного апарату (A) дозволяє отримувати такі показники: абсолютний і відносний прирости; абсолютну і відносну швидкість росту; величину нетто-асиміляції; відношення площі листя до ваги рослини [91].

В залежності від значень параметрів, які характеризують зовнішнє та внутрішнє середовище КЕЗТ можна використовувати різні математичні моделі.

Ми розглядаємо математичні моделі, які допускають прозору фізико-хімічну та біологічну інтерпретацію, що дозволяє обґрунтувати вимоги нормативного забезпечення функціонування КЕЗТ.

Для опису росту дерева в якості вихідного пункту Колобовим [96, 279, 98] використана модель вільного росту дерева, запропонована в роботі Полетаєва [187]. Модель ґрунтується на наступних гіпотезах:

- зріла рослина в процесі росту зберігає геометричну подібність. Це означає, що у зрілої рослини з ростом не змінюються відношення геометричних розмірів, наприклад відношення висоти до діаметра;
- вільну енергію (або активну речовину) рослина отримує тільки шляхом фотосинтезу;
- вільна енергія витрачається на фотосинтез, на побудову живої тканини і на підйом розчину з ґрунту;

- у середньому за великі відрізки часу рослина отримує постійну кількість світла на одиницю поверхні і може поглинати необхідні речовини з необмеженого запасу.

В цих працях рівняння росту дерева подано у формі закону збереження енергії:

$$ax^2 - \alpha\beta x^2 - \gamma x^2 x - \delta \frac{d}{dt}(\rho x^2) = 0, \quad (3.9)$$

де, x – лінійний розмір дерева; α , β , γ , δ , – деякі константи; ρ – густина рослини.

Поверхня крони дерева вважається пропорційною x^2 , об'єм дерева – пропорційним x^3 . Перший член в рівнянні дорівнює отриманій в результаті фотосинтезу енергії, другий – витрата енергія на потреби фотосинтезу, третя – витрати на транспортування живильного розчину у всіх частинах рослини, які пропорційні об'єму добутку дерева і висоти, оскільки вони пов'язані з подоланням сили тяжіння, четвертий - витрата на збільшення маси рослини.

У роботах [273, 274] відзначався той факт, що в разі обмеження світлових ресурсів дерево перерозподіляє свій приріст на користь приросту висоти. Тому вважається, що дерево, яке росте в умовах конкуренції за світло, не зберігає геометричної подібності між приростом об'єму і висоти. Тому Колобовим було запропоновано виразити висоту дерева (H) в якості незалежної змінної, а x^2 позначити як об'єм (V), таким чином, з огляду на зміну геометричних пропорцій дерева в ході його росту, рівняння (3.3) модифікується і виглядає наступним чином:

$$aS - \alpha\beta S - \gamma VH - \delta \frac{d}{dt}(\rho V) = 0, \quad (3.10)$$

де V – об'єм стовбура, H – висота, S – площа листкової поверхні дерева.

Тоді:

$$\frac{dV}{dT} = EbS - cVH, \quad (3.11)$$

де $b = \frac{\alpha - \alpha \cdot \beta}{\delta \cdot \rho}$, та $c = \frac{\gamma}{\delta \cdot \rho}$ – постійні, E – інтенсивність фотосинтезу одиниці листової поверхні.

Залежність інтенсивності фотосинтезу від сонячної радіації описується функцією типу Міхаеліса – Ментена [234, 109]:

$$E = \frac{aIP_{\max}}{aI + P_{\max}}, \quad (3.12)$$

де I – інтенсивність радіації, a – початковий нахил кривої продуктивності, P_{\max} – максимальна інтенсивність фотосинтезу одиниці листової поверхні.

Як показано в монографіях [2, 201] інтенсивність сонячної радіації всередині рослинного покриву визначається зовнішніми і внутрішніми чинниками; до других відноситься кількість і розподіл листової поверхні. Залежність ослаблення радіації рослинним покривом може бути виражена моделлю Монсі і Саєкі [283], згідно з якою коефіцієнт пропускання світла залежить від щільності і товщини рослинного шару.

Одже, дотримуючись ходу обґрунтувань, які викладені в працях [97, 99], висувається гіпотеза про те, що дерево отримує енергію тільки шляхом фотосинтезу, вільна енергія витрачається на потреби фотосинтезу, на побудову живої тканини і на підйом розчину з ґрунту. Рівняння росту записується в формі закону збереження енергії. Ріст окремого дерева описаний системою рівнянь, що дозволяє обчислювати об'єм, висоту і діаметр ствола на кожному кроці моделювання з врахуванням впливу конкуренції зі сторони дерев, які ростуть поруч:

$$\frac{dV}{dt} = Pb - cVH,$$

$$P = \frac{P_{\max} V^{\left(\frac{2}{3}\right)}}{p} \cdot \ln \left(\frac{P_{\max} + aQ}{Pm + aQ \cdot \exp(-pV^d)} \right), \quad (3.13)$$

$$H(t) = c_1 (1 - \exp[-c_2(t - t_0)])^{c_3}, \quad (3.14)$$

$$D(t) = d_1 (1 - \exp[-d_2(t - t_0)])^{d_3}, \quad (3.15)$$

$$D = \sqrt{\frac{4V}{\pi H a V^{-\gamma}}}, \quad (3.16)$$

де V , H , D – об'єм, висота і діаметр ствола дерева,

a – початковий нахил кривої продуктивності,

P – інтенсивність фотосинтезу дерева,

P_m – максимальна інтенсивність фотосинтезу одиниці листової поверхні,

p – коефіцієнт поглинання світла,

d – фрактальна розмірність крони,

b – коефіцієнт перетворення енергії в приріст об'єму ствола,

c – коефіцієнт пропорціональності витрат енергії на транспорт асимілятів,

Q – доля сонячної радіації, що падає на зовнішню поверхню крони,

c_1, c_2, c_3 – видоспецифічні параметри росту дерева у висоту,

d_1, d_2, d_3 – видоспецифічні параметри росту діаметра на висоті 1,3 м,

α, γ – коефіцієнт залежності видового числа від об'єму ствола.

Коефіцієнти функції Річардса-Чепмена $H(t) - c_1(1 - \exp[-c_2(t - t_0)])^{c_3}$ мають змістовне біологічне трактування: c_1 – являє собою максимально можливе значення ростової функції (асимптоти), тобто відображає величину використаного потенціалу та умови росту; c_2 – масштабує часову вісь і характеризує швидкість росту деревостану, будучи пропорційною максимуму приросту. Величина $c_1 c_2 (1 - 1/c_3) \exp(c_3 - 1)$ дає максимальне значення поточного приросту, і $[\ln(c_3)/c_2]$ є точка перегину ростової функції. Моделювання численних ТХР в рамках цієї роботи показали, що набори коефіцієнтів c_1, c_2, c_3 – добре описують особливості росту різних порід для різних умов росту.

Коефіцієнти $c_1, c_2, c_3, d_1, d_2, d_3$, визначені методом найменших квадратів (Додаток Д). Вхідними даними служать значення подані в таблицях ходу росту захисних насаджень.

3.3. Визначення параметрів фотосинтезу

Для визначення параметрів фотосинтезу необхідно здійснити деякі підготовчі перетворення. Зауважимо, по-перше, що з співвідношення (3.10) можна виразити об'єм стовбура дерева через його діаметр та висоту:

$$V = \left(\alpha \pi H \cdot \left(\frac{D}{2} \right)^2 \right)^{\frac{1}{1+\lambda}} \quad (3.17)$$

Продиференціювавши цей вираз, підставивши знайдену похідну в рівняння (3.13) та виключивши V у всіх виразах рівняння (3.13), скориставшись співвідношенням (3.11), отримаємо рівняння зміни діаметру і висоти дерева за умов конкуренції за світло вигляду:

$$\frac{dD}{dt} = -\frac{1}{D^2 \cdot H} \cdot \frac{dH}{dt} - c \cdot D^2 \cdot H + \frac{D^2 \cdot P \cdot H}{\left(\alpha \pi H \cdot \left(\frac{D}{2} \right)^2 \right)^{\frac{1}{1+\lambda}}}, \quad (3.18)$$

По-друге, знайдемо похідні від $D(t)$ і $H(t)$ скориставшись поданням (3.14), (3.15), та підставимо їх в (3.12). Одержимо функціональне рівняння, яке залежить від чотирнадцяти невідомих параметрів $a, p, P_{\max}, b, c, d, c_1, c_2, c_3, d_1, d_2, d_3, \alpha, \gamma$:

$$d_1 d_2 d_3 (1 - \exp[-d_2(t - t_0)])^{d_2-1} \cdot \exp[-d_2(t - t_0)] = -\frac{1}{D^2 \cdot H} \cdot c_1 \cdot c_2 \cdot c_3 (1 - \exp[-c_2(t - t_0)])^{c_2-1} \cdot \exp[-c_2(t - t_0)] + \frac{\left(D^2 \left(P_{\max} V^{\left(\frac{2}{3} \right)} \right) \right)}{p} \cdot \ln \frac{(P_{\max} + aQ)}{(P_{\max} + aQ \cdot \exp(-pV^d)) \cdot b} - c \cdot D^2 \cdot H, \quad (3.19)$$

$$\left(\alpha \pi H \left[\left(\frac{D}{2} \right) \right]^2 \right)^{\left(\frac{1}{(1+\gamma)} \right)}$$

Алгоритм пошуку коефіцієнтів математичної моделі полягає в наступному:

- по-перше, визначаємо такі значення $c_1, c_2, c_3, d_1, d_2, d_3$, за яких досягають мінімуму вирази $S_1(d_1, d_2, d_3, \tau_0), S_2(c_1, c_2, c_3, t_0)$, які визначаються співвідношеннями:

$$S_1(d_1, d_2, d_3, \tau_0) = \sum_{i=1}^n (D(t_k) - D_{tab}(t_k))^2 \quad (3.20)$$

$$S_2(c_1, c_2, c_3, t_0) = \sum_{i=1}^n (H(t_k) - H_{tab}(t_k))^2 \quad (3.21)$$

Тут $D_{tab}(t_k), H_{tab}(t_k)$ фактичні значення діаметра та висоти дерева одержані з ТХР, $D(t_k), H(t_k)$ значення діаметра та висоти дерева відповідно, розраховані за формулами моделі (3.1), t_k час в роках.

- по-друге, наближеними методами обчислюємо корені $a, p, P_{\max.}, b, c, d, \alpha, d$ системи рівнянь:

$$S_3(D(t_k), H(t_k)), a, p, P_{\max.}, b, c, d, \alpha, d) = 0 \dots k = 1, \dots, m \dots (m > 8), \quad (3.22)$$

яку одержимо після підстановки знайдених розв'язків $c_1, c_2, c_3, d_1, d_2, d_3$ задач (3.20), (3.21) та аргумента t_i .

Для оцінки параметрів моделі розроблені програми на основі методу найменших квадратів і методу оптимізації нелінійних систем в середовищі *Mathcad 2013 Pro*. Підібрані такі значення параметрів $a, p, P_{\max.}, b, c, d, c_1, c_2, c_3, d_1, d_2, d_3, \alpha, \gamma$, при яких ряд отриманих модельних значень, найкращим чином апроксимує дані. Опис насаджень та оцінювання параметрів моделі росту дерева викладені в Додатку Е.1., розрахунок параметрів фотосинтезу деревних рослин наведено в Додатку Е.2.

3.4. Алгоритм оцінювання ходу росту КЕЗТ з врахуванням рубок догляду та поновлення насаджень

Згідно ДБН 360-92 та ДБН Б.2.4-1-94 ширина відводу до від залізничної колії до початку ЗЛН складає до 12 м, ширину смуги відводу можуть збільшувати на $1,5H$ з кожного боку, де H – висота насипу або глибина виїмки.

Результати рубок догляду та поновлення насаджень повинні призводити до більш оптимального чи раціонального виконання основних функцій ЗЛН на залізниці, тобто, носити, перш за все, якісний характер.

Для аналізу ходу росту запасу деревини з врахуванням рубок догляду та поновлення насаджень скористаємося енергетичною моделлю ходу росту запасу насаджень, запропонованою Глазуновим Г.П. та Гендуговим В.М. [41]. В основі цієї моделі лежить фундаментальний факт, згідно якого причиною збільшення запасу деревостану є процес фотосинтезу складових його дерев, який здійснюється внаслідок поглинання енергії сонця. Згідно цієї роботи хід росту запасу деревостану визначається рівнянням енергетичної моделі у вигляді:

$$x(t) = K - (K - x_0)e^{-b(t-t_0)}, \quad (3.23)$$

Позначимо буквами q_i ($i = 1, 2, 3, \dots$) запас деревини, яка видаляється з КЕЗТ внаслідок одного i -го рубання в момент часу t_i , та буквою w_k k -го поновлювання насаджень (досаджування дерев) в момент часу t_k ($k = 1, 2, 3, \dots$). Вважаємо, що після кожного видалення деревини внаслідок рубок здійснюється поновлювання насаджень. Якщо це не так, то ми будемо вважати, що відбулася рубка і видалено нуль деревини, або здійснилося поновлення з нульовою кількістю деревини. Тому вважатимемо, що за один захід регулювання ходу росту насаджень при $i = k = 1, 2, 3, \dots$ здійснюється рубка та поновлення насаджень, які призводять до зміни запасу деревини. Запишемо формули, які покладемо в основу алгоритму обчислення запасу насадження для будь-якого моменту часу.

Нехай, в момент часу $t = t_1$ здійснюються рубки, внаслідок яких видаляється q_1 запасу насадження. Тоді, при $t_2 > t_1$ запас насадження розраховується за формулою:

$$x_{q_1}(t_2) = K - (K - x_{q_1}(t_1))e^{-b(t_2-t_1)}, \quad (3.24)$$

де $x_{q_1}(t_1)$ – запас насадження після першого рубання при $t = t_1$.

Зауважимо, що $x_{q_1}(t_1) = x(t_1) - q_1$. Після поновлення на запас насадження w_1 в момент часу t_2 запас насадження в момент часу $t = t_a$ підраховується за формулою:

$$x_{q_1 w_1}(t_3) = K - (K - x_{q_1}(t_1))e^{-b(t_2-t_1)} + w_1 \quad (3.25)$$

За формулами (3.12), (3.13) можна розрахувати запас насадження в будь-який період часу, використавши алгоритм, який подано в Додатку Є. Хід росту запасу насаджень також вивчався за умови, що в основу розрахунку було покладене (3.14) рівняння росту насаджень.

3.5. Оцінювання забруднення ґрунту політантами та седиментами

Суть проблеми оцінки стану ґрунту зводиться до знаходження способу переходу від кількісних характеристик до якісних. Базовою кількісною характеристикою якості стану ґрунту, служить вимірний біологічний відгук на

здійснений вплив (навантаження). Відгук (R) на вплив (c) знаходять і інтерпретують в результаті експериментального дослідження [29, 41, 32, 124, 182].

Узагальнений емпіричний графік біологічного відгуку на вплив (навантаження) має вигляд кривої у вигляді перерізу деформованого дзвону. Однак, загальноприйнятої теоретичної формули біовідгуку на вплив до останнього часу нема. Тому, при його аналізі найчастіше обмежуються дослідженням частини діапазону варіювання незалежної змінної, що дозволяє апроксимувати експериментальні дані емпіричними рівняннями. Найбільш широко при цьому застосовуються рівняння з класу логістичних функцій. Підбирають таку з них, яка найкращим чином описує експериментальні точки [278, 296].

Одержану таким способом емпіричну залежність біовідгуку від дози впливу аналізують і інтерпретують в рамках тих наук, методами яких вона була отримана. При наявності достатнього масиву даних ці методи доповнюють ймовірностно-статистичними [278, 296]. При наявності теоретичної або теоретико-емпіричної моделі з'являється можливість її дослідження методами математичного аналізу [124].

Отримувані з використанням доступного методу аналізу критичні точки біовідгуку відображають на шкалу якості ґрунту, попередньо відобразивши їх або на вісь абсцис, на якій відкладають дози впливу, які їх викликали, і які в подальшому використовуються в якості границь між класами якості, або на вісь ординат, в обох випадках з використанням (часто неявним) кусково-лінійних функцій. Число балів на шкалі якості вибирається залежно від результатів інтерпретації відгуку. Встановлений таким способом зв'язок між впливом (c) і біовідгуком R і його інтерпретація служать основою для розробки шкал категорій якості Q компонентів довкілля. Такий підхід дозволяє розробити адекватну шкалу якості для кожного компонента і кожного впливу. Саме таким способом були розроблені наявні шкали якості [106]. У цьому перевага методу але йому притаманний і принциповий недолік.

Цей недолік полягає в тому, що узагальнення кількох відгуків доводиться здійснювати в полі балів якості, за кожним з яких стоїть цілий діапазон значень

відгуку. Тому, заміна істинного значення відгуку відповідним йому балом якості супроводжується втратою інформації при узагальненні, що призводить до викривлення результуючої комплексної оцінки.

Компенсувати цей недолік намагаються застосуванням різних методів узагальнення, наприклад, замість математичного очікування застосовують розрахунок середнього зваженого або середнього геометричного. Однак, оскільки ці прийоми спрямовані на усунення наслідків, а не причин, вони не дозволяють вирішити задачу в принципі. Водночас, напрямок пошуку рішення проблеми очевидний: при розрахунку комплексного показника слід використовувати вихідні кількісні характеристики біологічного (грунтового) відгуку, що послужили основою нормування. Однак, це неможливо доти, поки ці відгуки мають різну розмірність. Тому, одним з способів вирішення проблеми є попереднє відображення різних відгуків на загальну для всіх безрозмірну шкалу. Ця шкала повинна бути не тільки безрозмірною, а й відобразити особливості індивідуальної форми кожного відгуку на здійснений вплив. З цієї причини способи, засновані лише на тому, що відгук переводять у безрозмірну величину шляхом нормування його одним з власних значень, без подальшого відображення на шкалу бажаності переваг визнані недостатніми.

В якості відомих рішень нашої проблеми – відображення відгуків на основі функцій бажаності, в т.ч. і подвійне відображення, відображення нормованих, тобто вже відображених, відгуків. Однак, введення методу функції бажаності, вирішивши завдання адекватного кодування відгуку, ще не усунуло проблему в цілому. Причина полягає в тому, що введення функції бажаності здійснюється довільно. Звідси – їх різноманіття. Різноманіття породжує проблему узагальнення. Крім того, граничні значення класів на основі функцій бажаності вводяться також довільно, виходячи зі зручностей для обчислення [32].

Спосіб вирішення проблеми оцінки стану для компонента навколишнього середовища на прикладі ґрунту та рівняння росту дерева [97]. Розглянемо, запропонований в [261] та використаний нами спосіб вирішення цієї проблеми для компонента НПС на прикладі ґрунту, заснований на:

- введенні і використанні в якості проміжної ланки між показником відгуку на здійснений вплив (навантаження) і показником якості, третього показника – показника стану, і
- узагальненні комплексу показників стану методами теорії ймовірностей.

Виходили з того, що в кожен момент часу стан ґрунту має свою власну міру, p .

$$p = \gamma e^{\left(\frac{a}{R}\right)} \frac{a_1}{b_2} > 0, \gamma = const \quad (3.26)$$

У цьому рівнянні:

$$\alpha \frac{a_1}{b^2} > 0, \gamma = const \quad (3.27)$$

Невідомі γ і α повинні визначатися для кожного конкретного відгуку на конкретний вплив.

Кожний стан ґрунту відповідає множині різного роду відгуків на впливи, наприклад, у вигляді конкретних реалізацій її екологічних функцій або стану ґрунтової біоти. Якщо відгук вимірний, то він може отримати кількісне вираження у вигляді показника відгуку ґрунту R на вплив c за типом «доза – ефект». Задача зводиться до знаходження обґрунтованого однозначного способу відображення на шкалу показника стану p показника відгуку на навантаження R . Іншими словами, задача зводиться до знаходження двох функцій, функції відгуку на навантаження, $R(c)$, і функції від функції відгуку на навантаження, тобто функціоналу навантаження, $p(R(c))$. При цьому припускається, що збільшення впливу c супроводжується збільшенням і показника відгуку R , наприклад, долі загиблих тестових організмів, і показника стану p .

У формі рівняння (3.26) одержали найпростіший вигляд функції показника стану ґрунту, який задовольняє всім вимогам, включаючи вимоги S -подібної. При досить великих значеннях R показник степеня в (3.26) прямує до нуля, а $p \rightarrow \gamma$. Оскільки, показник стану має ймовірнісну

природу, функція стану визначається на інтервалі $0 \leq p \leq 1 \dots$, тому в границі $p = 1$ і завжди $\gamma > 0 \leq p \leq 1, 1\gamma > 1$.

3.5.1. Калібрування функції показника стану ґрунту

За означенням функція показника стану ґрунту (3.26) характеризує напруженість цього стану, яка збільшується зі збільшенням показника відгуку. Тим самим, визначається, що результат вимірювання відгуку має бути виражений в таких змінних, в яких він зростає зі ростом напруженості екологічного стану («ненормальності», «хворобливості» екосистеми), яка в свою чергу, збільшується із наростанням інтенсивності дії. Ці вимоги необхідно задовольнити при формуванні змінних для аналізу на основі вимірюваних величин, які характеризують відгук і дію (вплив). Наприклад, якщо ступінь негативної дії на ґрунт вимірювався методом біотестування, а в якості індикатора використовувалась доля тестових організмів, які залишилися живими, то для того, щоб показник негативної дії збільшувався зі збільшенням дози дії, в якості змінної слід брати долю загиблих, а не долю організмів, які вижили. Функція показника стану визначена на інтервалі від нуля до одиниці, причому одиниці відповідає значення максимального ступеня напруженості екологічного стану, яка відповідає, наприклад, повній загибелі тестових організмів, а нулеві – мінімальній напруженості екологічного стану, яка відповідає, наприклад, фоновому стану. Тому функцію показника відгуку бажано визначити на цьому ж інтервалі, від 0 до 1. Для цього змінні, які характеризують дію та відгук на неї, слід скласти так, щоб функція відгуку на цьому інтервалі зростала від нуля до одиниці. Повне визначення функції показника стану зводиться до знаходження значень коефіцієнта γ і α рівняння (3.26) для компонента ПНС, що зазнає певний вплив. Це досягається складанням і розв'язанням системи з двох рівнянь (3.26):

$$p_1 = \gamma e^{\left(\frac{\alpha}{R_1}\right)}, \quad (3.28)$$

$$p_2 = \gamma e^{\left(\frac{\alpha}{R_2}\right)}, \quad (3.29)$$

для таких двох станів досліджуваного компонента, для яких визначені всі аргументи рівняння (3.26): R_1 і R_2 , p_1 і p_2 .

Цю задачу можна розв'язати наступним чином: за результатами дослідження відгуку на вплив вибираються два значення відгуку R_1 і R_2 , яким ставляться у відповідність значення показника стану p_1 і p_2 , які забезпечують можливість розв'язання системи з двох рівнянь (3.28), причому одне зі значень показника стану призначається довільно.

При наявності досить повної оцінки відгуку на вплив легко домогтися однозначності способу підбору пар $R_1 - p_1$ і $R_2 - p_2$. Для цього необхідно лише зупинитися на однозначному способі визначення значень R_1 і R_2 , p_1 і p_2 . Однак, метод дозволяє отримати адекватну оцінку стану і в разі неповноти інформації, яка вельми часто має місце. Така оцінка буде зміщеною, однак наявність навіть зміщеної оцінки часто буває кориснішою, ніж її відсутність. Тому, корисний розгляд можливих підходів до вибору варіантів постановки у відповідність відгуку функції стану. Зауважимо, що сама можливість обґрунтованого вибору визначається тим, що в найбільш загальному вигляді та крива відгуку (на практиці використовується її половина, оскільки цілком вона має вигляд деформованого дзвона) на дію і виведена вище функція показника стану мають S -подібну форму. Крім того, функцію відгуку завжди можна визначити на інтервалі $0 - 1$ (нормуючи значення відгуків найбільшим серед них). Тоді, обидві функції визначаються на одному і тому ж інтервалі, що також спрощує розв'язання задачі.

Враховуючи викладені вище обмеження, вибір пар значень R_1 і R_2 , p_1 і p_2 , необхідних для розв'язання системи рівнянь (3.28), можна обґрунтувати необхідністю відображення:

- максимуму відгуку ($R_2 = 1$) на максимум показника стану ($p_2 = 1$),
- інших характерних точок кривої відгуку $[R_1]$ – на відповідні їм характерні точки кривої функції стану.

Оскільки, для функції стану ці точки мають аналітичний вираз, а для функції відгуку – екотоксикологічне обґрунтування, вони можуть бути

використані при розв'язанні системи рівнянь (3.28) в таких поєднаннях (таблиця 3.2), список яких може поповнюватися в результаті досліджень.

Таблиця 3.1 – Можливі варіанти вибору значень для пари аргументів R_1 і p_1 системи рівнянь (3.26) при відомих значеннях другої пари ($R_2 = 1$ і $p_2 = 1$)

R_1 за визначенням із зазначеного джерела	p_1
1	2
Відгук на порогову [116] дозу токсичної дії ЛД ₅₀	0,25 за працею[261]
Відгук на порогову [116] дозу токсичної дії ЛД ₅₀	Точка
Відгук на дозу в точці найбільшої вгнутості графіка залежності доза-ефект [28, 32]	найбільшої вгнутості графіка
Відгук на середню ефективну [116] дозу ЛД ₅₀	Точка перегину графіка
Відгук на середньолетальну [116] дозу ЛД ₅₀	
Відгук на дозу в точці переходу від вгнутої кривої до опуклої, яку трактують, як межу екологічного ризику [29]	
Відгук на межі гіпореактивності [116]	Точка найбільшої опуклості графіка
Відгук на порогову [116] дозу максимуму токсичної дії ЛД ₉₅	
Відгук на дозу в точці найбільшої опуклості, яку трактують, як межу кризи [29]	

З вигляду рівнянь (3.26) випливає, що в залежності від вибраних опорних значень величин $R_1 - p_1$ і $R_2 - p_2$ для однієї і тієї ж кривої відгуку, одержані в результаті розв'язання системи рівнянь (3.28) значення коефіцієнтів γ і α будуть різними. Отже, зміщеними будуть і оцінки станів одного і того ж об'єкта, вироблені з їх використанням.

Одночасне відображення всіх характерних точок кривої відгуку на відповідні їм характерні точки функції показника стану можливе тільки в тому випадку, коли вид цих функцій однаковий, що мало ймовірно.

Відображення всіх характерних точок з кривої відгуку на криву показника стану при фіксованих значеннях γ і α дозволяє обґрунтувати нерівномірну шкалу показника якості. Водночас, для отримання рівномірної шкали показника якості досить вибору для відображення лише однієї з характерних точок.

3.5.2. Введення рівномірної шкали якості

Перше рівняння системи рівнянь (3.28) визначають, виходячи з доступної інформації про біовідгук. При наявності досить повної інформації, слід використовувати R_1 , значення відгуку на найбільший вплив, що не виводить систему за межі фонового стану. Йому можна поставити у відповідність довільне значення p_1 (в діапазоні від нуля до одиниці), маючи на увазі, що тим самим передумовлюються і ціна ділення рівномірної шкали якості, і набір балів на шкалі якості. Наприклад, якщо вибрати $p_1 = 0,333$, то в разі потреби число балів на рівномірній шкалі якості складе $1:0,333 + 1 = 4$. Друге рівняння системи рівнянь (3.29) визначається з урахуванням найменшого впливу, що призводить до максимально негативних наслідків, тобто до максимального значення відгуку. Цьому відгуку шляхом відповідної організації змінних і застосування нормованих показників слід надати значення $R_2 = 1$ і поставити йому у відповідність $p_2 = 1$, визначивши, таким чином, друге рівняння системи рівнянь (3.29). Грунтуючись на уявленнях токсикодинаміки, принципах виявлення зон екологічного лиха і міркуваннях наслідковості [12] доцільно скористатися п'ятибальною рівномірною шкалою якості. В такому випадку знайденому на основі дослідних даних відгуку на дію, що не виводить систему за межі фонового стану, ставиться у відповідність значення $p_1 = 0,25$, а відгуку $R_2 = 1$ ставиться у відповідність значення $p_2 = 1$, що зумовлює число балів на шкалі категорій якості, рівне п'яти. Дійсно, маємо $1:0,25 + 1 = 5$.

На шкалі показника стану цим категоріям відповідають чотири інтервали і точка – верхня межа верхнього інтервалу. Чисельне значення показника стану в цій точці дорівнює одиниці ($p_2 = 1$), а напруженість екологічного стану – найвища, як відповідає п'ятій категорії якості. Таким чином, всім відгукам на навантаження, що

перевищують навантаження максимальної негативної дії, ставиться у відповідність однакове значення показника стану, $p_1 = 1$, а всім відгукам на навантаження, які не виводять ґрунт з «фоновий» стану, ставиться у відповідність діапазон $0 \leq p \leq 0,25$. Діапазон $0,25 < p$, що залишився вільним на шкалі $0 - 1$ ставиться у відповідність відгукам на навантаження перехідного діапазону (табл. 3.2).

Недоліком рівномірної шкали, зокрема і п'ятибальної, є те, що з п'яти границь категорій якості, дві ($0,5$ і $0,75$) вводяться довільно, на основі прийнятого кроку в $0,25$ на шкалі показника стану. Перевагою рівномірної шкали є те, що вона забезпечує можливість:

- узагальнення декількох показників стану для одного ґрунту;
- порівняння різних ґрунтів за однорідними показниками їх стану.

Перевагою нерівномірної шкали якості є те, що вона більш точно відображає особливості відгуку на вплив, недоліком – те, що вона закриває можливість адекватного узагальнення кількох відгуків на різні дії при комплексній оцінці стану.

Таблиця 3.2 – Категорії якості ґрунту на основі оцінки їх стану при виборі п'ятибальної рівномірної шкали якості

p	Категорія	Навантаження	Стан ґрунту
1	2	3	4
$0 \leq p < 0,25$	I	Нижче порогової	Фоновий
$0,25 \leq p < 0,5$	II	Вище порогової	Перехідний
$0,5 \leq p < 0,75$	III	Вище порогової	Перехідний
$0,75 \leq p < 1$	IV	Вище порогової	Перехідний
$p = 1$	V	Надмірне	Порушений

Таким чином, до виведення функції показника стану ґрунту рішення проблеми шкали якості бачилося в використанні кодованих відгуків, зокрема, на основі функції бажаності [182], і відображенні отриманих кодованих значень на єдину рівномірну шкалу якості [261]. У розвиток цього підходу тепер

проблема вирішена на основі заміни функції бажаності, що довільно підбирається, функцією показника стану, виведеної на основі вказаних. Ця функція, що має ясний фізичний зміст, забезпечує можливість узагальнення множини показників стану ґрунту на основі додавання ймовірностей за правилами теорії ймовірностей [193]. Деталізація цього положення приведена в наступному розділі.

3.5.3. Введення ймовірнісної комплексної оцінки

Обмежимося розглядом адитивних впливів (навантажень). У статистичному плані їх можна вважати сумісними. В разі декількох адитивних впливів для кожного необхідно отримати оцінку показника стану за (3.26), а отримані індивідуальні оцінки узагальнити. Показник стану ґрунту введений як функція від функції відгуку ґрунту (біоти) на вплив (наприклад, концентрацію токсичної речовини). Функція відгуку на концентрацію токсину характеризує, наприклад, частоту загибелі тесторганізмів. Тому, функція від функції відгуку на вплив є оцінкою ймовірності загибелі тесторганізмів (або іншої подібної події, наприклад, скорочення ґрунтового профілю при ерозії).

Функція показника стану ґрунту, будучи характеристикою ймовірності події (наприклад, загибелі тесторганізма), відповідає загальноприйнятій [17] вимозі до оцінки статистичної характеристики.

Визнаючи імовірнісну природу окремих показників стану ґрунту і вважаючи їх сумісними, узагальнену оцінку будемо обчислювати за формулою ймовірності суми довільних подій.

Розглянемо узагальнення теореми додавання на випадок відгуків на n видів впливів A_k , при яких оцінки стану одержані у вигляді $p(A_{j_k})$. Узагальнена оцінка стану при зазначеному підході має вигляд:

$$P\left(\sum_{k=1}^n A_k\right) = \sum_{k=1}^n (-1)^{k+1} \sum_{1 \leq j_1 \leq j_2 \leq \dots \leq j_k \leq n} P(A_{j_1} \cap A_{j_2} \dots \cap A_{j_k}), \quad (3.30)$$

Таким способом можна отримати єдину, комплексну оцінку стану ґрунту на шкалі станів $0 - I$ при будь-якому числі її відгуків на незалежні впливи.

Перевагою підходу обчислення забруднення за формулою (3.30) є те, що за наявності декількох видів впливів і відповідних їм індивідуальних показників стану, результуючий показник стану ґрунту більший найбільшого. Зауважимо, що цей висновок зроблений в рамках припущення про їх адитивність і відсутність несумісності впливів і відгуків.

3.6. Висновки до розділу 3

1. Встановлено закономірності прояву окремих факторів абіотичного середовища на ріст та розвиток деревних рослин.

2. Розроблено математичні моделі росту ЗЛН, що дозволяють розраховувати процес утворення фітомаси в таких межах, які забезпечують фотосинтез достатній для росту та оптимального функціонування КЕЗТ. Для цього достатньо застосувати методи розрахунку росту і продуктивності насаджень на основі зміни ваги і площі асиміляційного апарату за певний проміжок часу.

3. Розроблений алгоритм розрахунку росту діаметра та висоти насаджень в залежності від регіональних умов залізничних шляхів та параметрів фотосинтезу, що дозволяє ефективно розраховувати та прогнозувати індекс стану КЕЗТ.

4. Розроблений алгоритм обчислення маси складових органів (стовбура дерева, віток, листя) КЕЗТ.

5. Запропоновано алгоритм ходу росту КЕЗТ з урахуванням рубок догляду та поновлення насадження. Запропоновані алгоритми дозволяють ефективно розраховувати та прогнозувати індекс стану КЕЗТ.

6. Введено ймовірнісну комплексну оцінку стану ґрунту на основі рівномірної шкали якості та калібрування функцій показника стану. Застосована універсальна ймовірнісна шкала визначення рівня забруднення ґрунтів КЕЗТ в залежності від забруднення полютантами та седиментами за аналогією визначення рівнів забруднення ґрунтів за Макаровим.

7. Визначено систему математичних моделей та розроблено на їх основі нормативно-інформаційне забезпечення для оцінювання компонентів фітомаси захисних насаджень, що вирішують проблему комплексного обліку КЕЗТ. Розглянуті моделі є теоретико-аналітичною основою для встановлення екологічного та енергетичного потенціалу КЕЗТ. Запропоновані математичні моделі для оцінювання фітомаси мають важливе прикладне і практичне значення та суттєво доповнюють чинну базу нормативно-інформаційного забезпечення таксації КЕЗТ Львівської залізниці.

РОЗДІЛ 4. ПРОЕКТУВАННЯ ТА ЗАХИСНА ЕФЕКТИВНІСТЬ КЕЗТ

4.1. Уточнення показників захисної ефективності КЕЗТ

Екотон, як екологічна одиниця КЕЗТ – самодостатня система складних фітоценозів, утворених багатьма видами рослин, в основі яких деревні насадження захисного типу, які є едифікаторами у стані асоціювання з супутніми видами рослин. Всередині такої мезоекосистеми відбувається розвиток тісного зв'язку компонентів один з одним і з факторами, характерними для біотопу даної мезоекосистеми через обмін речовин і енергії, так створюється і зв'язок між фітоценозом ЗЛН і НПС яке складається з комплексу абіотичних, біотичних та антропогенних чинників. Діючі сьогодні нормативні еколого-методичні підходи зобов'язують, як правило, до визначення параметрів, що характеризують протидії геофізичним потокам, проте, поза увагою залишаються еколого-функціональні можливості КЕЗТ, які й забезпечують стійкий розвиток природних і соціально-економічних систем на шляхах залізничного транспорту.

4.1.1. Особливості фітоценотичної структури КЕЗТ ділянки колії Львів – Стрий

Деревні насадження КЕЗТ ростуть в несприятливих, а нерідко жорстких для них екологічних умовах [210]. Основним джерелом формування трав'янистого покриву КЕЗТ є природна рослинність, але вона під завісою насаджень не знаходить сприятливих умов для свого розвитку. Тому у структурній організації рослинного покриву КЕЗТ важливу роль відіграє тип світлової структури, оскільки архітектоніка крон і ажурність пологу виконують головну роль в перерозподілі променистої енергії сонця [12]. Зміна якісних і кількісних характеристик сонячної радіації спричиняє зміну інших фітокліматичних показників, що якнайповніше виявляються в припідстилочному і поверхневому ґрунтовому шарі БГЦ і визначає видову

різноманітність травостою, його цено- і екоморфічну, біоморфологічну структури [83].

В умовах функціонування КЕЗТ одним з провідних факторів, який впливає на видовий склад рослинних угруповань та їхню структуру, є режим зволоження. Він визначається зональними особливостями та місцевими кліматичними умовами, тому аналіз екологічного спектру видів за відношенням до рівня зволоження має велике значення [60].

Таксономічна структура лісових рослинних угруповань КЕЗТ формується під впливом різних чинників і є найбільш простою, але об'єктивною їх характеристикою. Вона віддзеркалює особливості внутрішньої будови, специфічність фітоценозів і умови формування рослинного покриву [232, 233, 257, 258]. Важливим параметром для характеристики таксономічної структури рослинних угруповань є кількість таксонів різного рангу. Біоморфологічна структура флори певної території залежить від ґрунтово-кліматичних, екологічних та ценотичних умов середовища [107]. Однією з важливих характеристик структурного аналізу рослинності є встановлення закономірностей кількісного розподілу видів за ступенем фітоценотичної активності і зустрічності. Величина активності виду визначається ценотичною роллю, місцем, яке займає вид серед інших в результаті відносин, які склалися в угрупованнях [50]. Однією зі складових компонентів, через яку виражають активність виду, є проєктивне покриття [62]. Фітоценотична активність за проєктивним покриттям відображує роль кожного виду в угрупованні. Якщо цей показник низький, то даний вид відіграє незначну роль.

Дослідження проводились у КЕЗТ на ділянці колії Львів – Стрий. Для ділянки колії Львів – Стрий основу насадження становлять: дуб звичайний (*Quercus robur* L.), горобина звичайна (*Sorbus aucuparia* L.), клен звичайний (*Acer platanoides* L.), тополя пірамідальна (*Populus pyramidalis* Roz.), граб звичайний (*Carpinus betulus* L.), глід звичайний (*Crataegus monogyna* Jacq.), ліщина звичайна (*Corylus avellana* L.) та ін., узлісся облямовані декоративними чагарниками – бирючина звичайна (*Ligustrum vulgare* L.), пухироплідник калинолистий (*Physocarpus opulifolius*), шипшина (*Rosa canina* L.) тощо.

У структурі рослинності КЕЗТ спостерігається значна кількість синантропних та акліматизованих видів [194, 195]. Серед перших переважають яблуні (кальвін білосніжний, джонатан), груші (різні види бери), вишні, з куців – червона смородина, агрус, японська айва (*Cydonia Mill.*) тощо. Акліматизовані види представлені бархатом амурським, дубом червоним, горіхом чорним, акацією жовтою, горобиною, ліщиною великою (*Corylus maxima Mill.*) та ін.

У КЕЗТ насадження *Quercus robur* віком понад 50 р., відстань між рядами – 3 м, в ряду – 1 м. Середній діаметр дерев – 16 см, висота – 11 м, щільність 1008 екз./га, насадження III бонітету. Ґрунти – сірий лісовий. ПП трав≈5–10 %.

Типологічна формула за О.Л. Бельгардом: $\frac{ПЧСГ}{Тін_{(ч)}III}10Д$. Підлісок включає: *A.*

tataricum, *Prunus stepposa* Kotov, *Caragana arborescens* Lam., *L. tatarica*, *G. triacanthos*, *Robinia pseudoacacia* L., *C. fallacina*, *Fraxinus excelsior* L. Щільність підліску 1,8–2 особин/100 м².

Видовий склад рослинності на дослідній ділянці виявлений при обробці 60 геоботанічних описів. Структурно-порівняльний аналіз флористичного складу ділянок здійснено із застосуванням класифікацій біоморф І.Г. Серебрякова [221], К. Раункієра [292], лінійної системи життєвих форм В.М. Голубева, систем екоморф та ценоморф О.Л. Бельгарда [9].

Фітоценотична активність видів в лісових угрупованнях розраховувалась за розробками, запропонованими Я.П. Дідухом [62]. Виділено 5 груп: 1 група включає види, що мають фітоценотичну активність до 1 %, 2 група – до 5 %, 3 група – до 10 %, 4 група – до 20 % і 5 група – більше 20 %.

Зустрічність видів визначалась за формулою:

$$z = \frac{a \cdot 100}{b}, \quad (4.1.)$$

де z – зустрічність видів; a – кількість разів зустрічі виду в описах; b – кількість описів. Згідно зі схемою Я.П. Дідуха за ступенем постійності види були поділені на 5 груп: 1 група включає види, що мають зустрічність до 20 %, 2 – 21-40 %, 3 – 41-60 %, 4 – 61-80 % і 5 група – 81-100 %. В деревостанах *Q.*

robur простежується тенденція до зменшення кількості видів, але збільшується представництво видів родини *Fabaceae*.

Основу біоморфологічного спектру флористичного складу дослідних ділянок за І.Г. Серебряковим [221] складають трав'янисті полікарпіки. Під пологом насаджень *G. triacanthos* відмічається найбільша частка деревних рослин. За структурою надземних пагонів в КЕЗТ найчастіше представлені безрозеткові та напіврозеткові види, доля яких приблизно однакова. За будовою кореневої системи на всіх ділянках явно переважають стрижнекореневі рослини, а у структурі підземних пагонів превалюють види без спеціальних підземних утворень та каудексові рослини. За типом вегетації на всіх ділянках домінують літньозелені та літньозимовозелені види, відсотковий склад яких є відносно постійним. Група ефемерів найбільша в культурах *R. pseudoacacia* (23,1 %), а група ефемероїдів – в насадженнях *G. triacanthos* (7,5 %). За поширенням в рослинних угрупованнях усіх дослідних ділянок домінують геміеврітопні види та меншою мірою еврїтопні види. За зустрічністю для всіх ділянок характерне значне переважання звичайних для даної місцевості видів рослин. Участь видів, що зустрічаються рідко, складає 6–13 %, а тих, що виявляються дуже рідко, не перевищує 10 % (Додаток Ж, таблиця Ж.1).

При аналізі спектрів життєвих форм за біологічними типами К. Раункієра встановлено – домінують гемікриптофіти. Серед гігроморф на всіх ділянках провідні місця займають групи ксеромезофітів, еумезофітів і мезоксерофітів. За відношенням до ступеню освітленості частки сціогеліофітів та геліофітів співвідносяться приблизно як 2:1. Основу еколого-ценотичного спектру рослинності лісових насаджень складають синантропофанти – 56,4 %.

Одним з найбільш об'єктивних показників, що віддзеркалює роль виду в угрупованнях, є частота трапляння. Тому, згідно з поділом на групи за частотою трапляння, запропонованим Я.П. Дідухом, до першої групи відносяться 17 видів. В цих культурах, де під наметом утворюються світлові вікна, зустрічаються види другої групи (16), які для існування потребують значного освітлення. Вони належать як до рудерального флороценотипу, так і до степового. Третю групу складає лише один вид – *Myosotis arvensis* (L.) Hill.

Велику частоту трапляння мають види, які відносяться до четвертої (*Anthriscus sylvestris*, *Poa nemoralis*, сіянці *Acer tataricum*) та п'ятої груп (*Geum urbanum*). У період максимальної сформованості завдяки тіньовому типу світлового режиму значну частоту трапляння мають тільки типово лісові види (Додаток Ж, таблиця Ж.2).

За фітоценотичною активністю перша група складається із 7 видів, а друга група включає 20 видів, серед яких багато чагарникових та маргентальних видів. До третьої відносяться 7 видів, серед них є ті, що вселяються при збільшенні освітленості (*Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Lathyrus tuberosus* L., *Melica altissima* L., *Atriplex tatarica* L. та чагарникові види). До четвертої групи належать *Geum urbanum*, сіянці *Acer tataricum*, *Myosotis arvensis* та *Poa nemoralis*. Останній вид вселяється переважно у світлові вікна під наметом. П'ята група складається лише із – *Anthriscus sylvestris*.

4.1.2. Парадимічна структура КЕЗТ

Основна частина ЗЛН знаходиться в третьому віковому періоді, періоді відновлювальної стиглості, в ході якого втрачається приріст і знижуються захисні функції насаджень.

Близько 70% ЗЛН створені до середини 60-х років минулого століття (їх вік більше 41-60 років). Решта насаджень була закладена в кінці 60-70-х років. В основному усі лісополоси старші 40 років, створювались по деревно-чагарниковому типу змішування порід, рядовим способом. Переважна більшість старовікових насаджень (60 років і більше) закладена з метровим, рідше півтораметровим міжряддям і відстанню 0,7-1,0 м в ряду, 3-5 рядними, щільної конструкції з однією чи кількома головними породами.

Обстежені лісосмуги ділянок колії Львів – Самбір, Львів – Івано-Франківськ, Львів – Рава – Руська, Львів – Ковель, Львів – Красне, Львів – Мостиська, Львів – Стрий, Стрий – Мукачево та Івано-Франківськ – Чернівці є переважно дворядними (окрім природних лісових масивів, що розташовані вздовж залізниці), завширшки до 200 м по обидва боки колії. Склад деревостанів відрізняється своєю строкатістю залежно від типу лісорослинних

умов. Древа часто суховершать, мають стійку проти вітру з боку залізничних шляхів й густішу крону, підлісок пригнічений наметами снігу.

Відносну повноту деревостану визначено за допомогою стандартних таблиць «Сум площ перерізів та запасу деревостанів при повноті 1,0» [87]. Клас бонітету деревостану встановлено згідно із лісотаксаційними нормативами «Уніфікованої системи бонітування лісових насаджень» [229].

У результаті, на шляхах Львівської залізниці формується своєрідна парадимічна система – консорція, що суттєво відрізняється від натуральної за рахунок перекриття екологічних ніш. Ця консорція має багато спільного з екологічними коридорами, оскільки за інтегрованими оцінками спостерігається збільшення видового різноманіття флори на 17-73 %, ентомофауни – 27-62,5 %, зоофауни у 2,7 рази.

За результатами польових досліджень класифіковано КЕЗТ Львівської залізниці за ознаками профільності, тобто складу і структури насаджень за їх походженням [208, 211, 286, 287]. Повнопрофільні КЕЗТ – це насадження де чітко простежується структура смуг (екотонів), їх можна зустріти на усіх ділянках Львівської залізниці де ЗЛН створювались штучно (рисунок 4.1). Переважають КЕЗТ де виокремлюються одна – рідше три смуги. Екотон формується на межі двох різних антропогенних урочищ у смузі відведення залізниці. За складом на всіх обстежених ділянках колій спостерігаються мішані насадження – однотипні – виявлені не були.

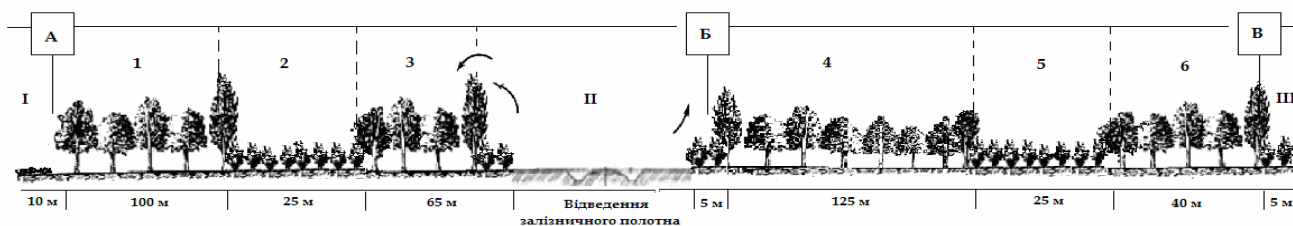


Рисунок 4.1 – Схема вертикальної структури повнопрофільного КЕЗТ на Львівській залізниці [138]

А – різнотравно–злакова смуга, поле з сільськогосподарськими культурами; Б – смуга відведення залізничних шляхів; В – консорція екотонів захисного типу; 1,3,4,6 – екотони; 2,5 – перехідні екотони; І – агроценоз; ІІ – антропоценоз; ІІІ – корінні деревостани



Рисунок 4.2 – Схема типової повнопрофільної КЕЗТ на шляхах залізничного транспорту [284]

Неповнопрофільні КЕЗТ – це переважно залишки природних лісів, де неможливо виокремити певні смуги – власне екотони (рисунок 4.3).

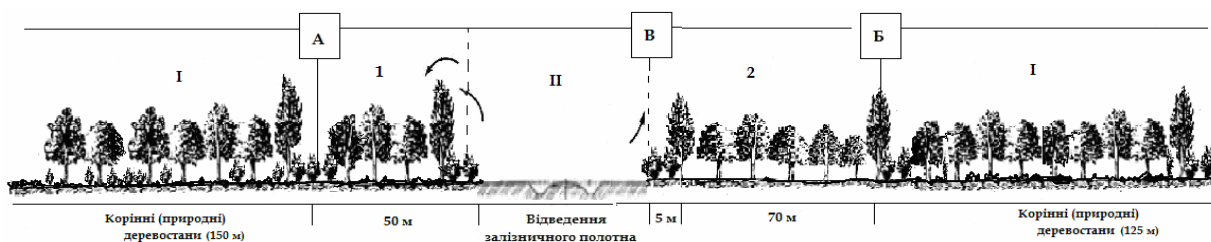


Рисунок 4.3 – Схема вертикальної структури неповнопрофільної КЕЗТ Львівської залізниці

А – корінні (природні) деревостани; Б – консорція екотонів захисного типу; В – смуга відведення залізничних шляхів; 1,2 – екотони; І – агроценоз; ІІ – антропоценоз; ІІІ – корінні деревостани



Рисунок 4.4 – Схема типової неповнопрофільної КЕЗТ на шляхах залізничного транспорту

Складність та диференційованість кумулятивної функції ЕЗТ залежать від морфології та складу лісового фітоценозу – едифікатора. Водний режим ґрунту

під лісосмугами характеризується більшою амплітудою через додаткове надходження вологи від накопиченого снігу та підвищених витрат вологи у вегетаційний період [56, 130]. Трофотопи в лісосмугах змінюються у бік інтенсифікації накопичення гумусу та біогенних елементів по ґрунтовому профілю; в зоні впливу характеризуються збільшенням запасів вологи в метровому шарі ґрунту в середньому на 30–55 мм, підвищеним вмістом і запасами гумусу та біогенних елементів внаслідок підвищеного надходження органіки та посилення процесів гуміфікації.

4.1.3. Геохімічний бар'єр КЕЗТ

Особлива увага приділяється питанню накопичення сидементів та поллютантів у ґрунтах відводу залізничного полотна. Рівень забруднення ґрунтів на шляхах залізничного від інтенсивності, складу руху (перевезених вантажів) і тривалості експлуатації полотна [204].

На думку В.Б. Логгінова [129], КЕЗТ можна віднести до типу БГЦ геохімічних бар'єрів, які є не тільки засобом підвищення буферних властивостей довкілля, але і засобом біоконверсії площ (у тому числі прилеглих агроценозів), які вже досягли граничного та позаграничного рівня агрохімічної та агрофізичної деградації.

Роль ЗЛН як геохімічних бар'єрів виявляється у затриманні сидементів та поллютантів, які акумулюються в зоні захисту і включаються в біогеохімічний обмін, запобігаючи їх територіальній міграції [72]. Так, безпосередньо у лісосмузі й на відстані 2Н від неї простежується загальна тенденція до зростання валового вмісту важких металів, привнесених разом з мінеральними добривами та меліорантами [67]. Розподіл хімічних елементів *Cu, Co, Fe, Mn, Cr, Cd, Pb, Zn, Al* у зоні впливу корелює з конструкцією насадження: не продувна лісосмуга основну масу поллютантів та сидементів затримувала під наметом та в прилеглий зоні 1–5Н, ажурна та ажурно-продувна – розподіляли поллютанти в зоні 15Н. На ерозійно небезпечних землях (схили 1,5°...4°) під комплексним впливом стокорегулювальних лісосмуг формується «ґрунтозахисна тінь» з підвищеною на 9-13 см потужністю гумусового

горизонту в зоні 20-30 м вгору і 60-80 м вниз за схилом внаслідок кольматажу седиментів, підвищення продуктивності і протиерозійної стійкості ценозів в зоні впливу [175]. Результати дослідження вмісту важких металів у ґрунтах на ділянках колії Львівської залізниці представлені в Додатку 3, таблиця 3.1.

Зразки наземної фітомаси рослин (кора, гілки, хвоя, деревина і серцевина) відібрано в кінці вегетативного періоду (серпень-вересень) на визначених ділянках колії Львівської залізниці (Додаток 3, таблиця 3.2). Зразки відібрано (рисунок 4.5) у п'ятикратній повторюваності зі 258 модельних дерев, загальною площею 3 га, які репрезентують середній віковий, повнотний і якісний стан деревостану. Лабораторно-аналітичні дослідження вмісту важких металів у рослинних зразках проводились полярографічним методом на Полярографі універсальному ПУ-1 [208]. Статистична оброблення отриманих результатів проводилась варіаційно-статистичним методом за допомогою стандартних пакетів офісних програм *Microsoft Exel 2003* і *Oragin Pro 8.5*.

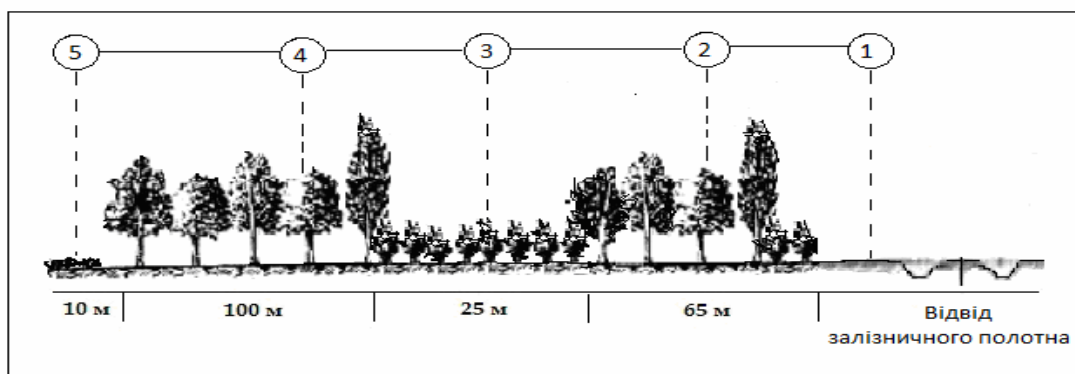
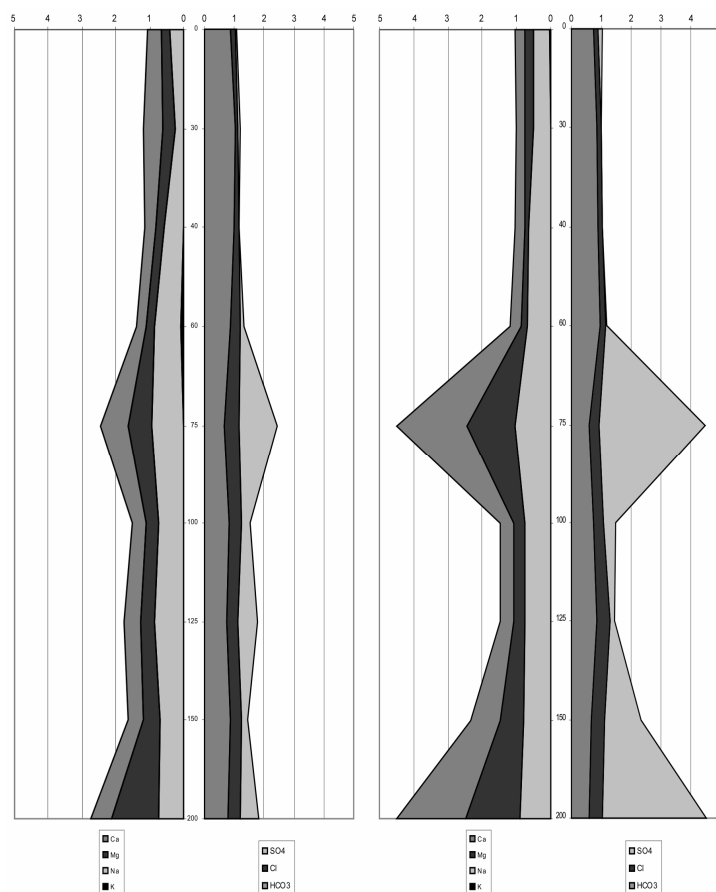


Рисунок 4.5 – План-схема пунктів вимірювання на ділянках колії Львівської залізниці
1 – пункт 1 – контроль фону; 2 – пункт 2 – по лінії проекції крон; 3 – пункт 3 – в залежності від повнопрофільності КЕЗТ між першою та другою кулісою; 4 – пункт 4 – в перехідному екотоні (для КЕЗТ); 5 – пункт 5 – за лісовою смугою

Необхідно зазначити, що немає чіткого розуміння, які саме важкі метали найбільш пріоритетні в відводах залізниць, але можна чітко визначити, що на шляхах залізничного транспорту спостерігається систематичне забруднення сидементами та полютантами. Розподіл важких металів в ґрунті в залежності від глибини представлений на рисунок 4.6.



Неповнопрофільний екотон

Повнопрофільний екотон

Рисунок 4.6 – Профільний розподіл есеціальних мікроелементів (*Zn*, *Cu*) та токсикантів (*Pb*, *Cd*) у ґрунтовому профілі на шляхах залізничного транспорту)

Для оцінки інтенсивності накопичення металів у рослинах (Додаток 3, табл. 3) розраховували коефіцієнт накопичення (K_n) – відношення середнього вмісту елемента в органах рослин до вмісту його рухомих форм у ґрунті [150].

А.П. Виноградов у монографії з геохімії рідкісних і розсіяних елементів у ґрунтах [28] до рідкісних елементів зачислив серед інших елементів *Cd* та *Pb*, оскільки їх кларки у земній корі становлять соті частки відсотка [228], тому для подальших розрахунків їх не враховували (Додаток 3, таблиця 3.3).

Кумулятивна здатність КЕЗТ відзначається комплексним впливом на довкілля і має середовищестабілізуючі та середовищеутворюючі функції. При системному і збалансованому просторовому розміщенні можливо досягти істотних позитивних впливів на прилеглі території. Тому, важливим є формування екотонів та їх консорцій на основі ландшафтно-екологічних методів, що забезпечить максимальну просторово-часову дію у часі й просторі

та матиме значний синергетичний ефект у дотриманні екологічної безпеки на шляхах залізничного транспорту.

4.1.4. Розподіл техногенних радіонуклідів в КЕЗТ

Дослідження розподілу техногенних радіонуклідів у КЕЗТ є фактологічною основою для математичного моделювання міграції в них радіонуклідів, що дає змогу з прийнятною точністю прогнозувати рівні радіоактивного забруднення компонентів цієї екосистем, а також оцінювати певні радіоекологічні наслідки при різних лісогосподарських заходах, у т.ч. при рубках догляду.

За стандартною методикою [260] закладено пробну площу (1,0 га) для встановлення показників радіоактивного забруднення на ТПП здійснювали відбір проб за стандартними методиками, які дозволяють визначати медіану щільності забруднення території ^{137}Cs [224, 239]; проби ґрунту відбирали спеціальним циліндричним пробовідбірником діаметром 37 мм на глибину орного шару (20 см) в п'яти точках на відстані 5–10 м один від одного методом конверта; після цього п'ять проб об'єднували в одну загальну об'єднану пробу об'ємом 1000 см^3 , яку висушували, просіювали через сито з комірками 1 мм і ретельно гомогенізували [224]; проби фітомаси деревини стовбура відбирали за допомогою бензопили на відповідних дослідних ділянках, за лабораторних умов проби деревини висушували, подрібнювали і гомогенізували для проведення вимірювань активності радіонуклідів [224]; виконано геоботанічний опис; видовий склад судинних рослин вивчали за А.А. Корчагіним [104], ґрунти – за Т.А. Рожною [200]; проведено суцільний облік деревостану [5]. У типовому за рельєфом локалітеті викопано ґрунтовий профіль, відібрані зразки ґрунту для вивчення вертикальної міграції ^{137}Cs та ^{90}Sr з його чотирьох стінок.

Щільність забруднення ґрунту ^{137}Cs та ^{90}Sr визначали у 20 точках, закладених на стаціонарі у систематичному порядку, зразки ґрунту у кожній точці відбирали циліндричним буром діаметром 5 см на глибину 10 см методом

конверту. Середнє значення цього показника на пробній площі становить $48,4 \pm 2,78$ кБк/м² (2,0 Ки/км²).

Усі зразки ґрунту та рослинності висушували до повітряно-сухого стану при 80 °С протягом 72 годин і гомогенізували на пробопідготовлювачах ПРГ-01Т та ПРП-01. Після цього їх зважували та визначали коефіцієнт їхньої усушки. Гомогенізовані зразки вміщували у посудини Марінеллі (об'ємом 1,0 і 0,5 л) або спеціальні еталоновані посудини менших розмірів (ґрунтовий бюкс – 75 мл; «Дента» – 130 мл). Питому активність ¹³⁷Cs та ⁹⁰Sr вимірювали на багатоканальному гамма-спектроаналізаторі імпульсів СЕГ-005-АКП із сцинтиляційними детекторами БДЭГ-20Р2 (100 х 150мм). Похибка вимірювання питомої активності ¹³⁷Cs та ⁹⁰Sr у зразках коливалася у межах 10 – 15 %, залежно від активності зразків.

Для статистичної обробки експериментальних даних використано стандартний пакет програм «Excel», статистичні показники розраховували загальноприйнятими методами [119].

Детальне вивчення на одиниці площі екосистеми як вагових характеристик, так і вмісту ¹³⁷Cs та ⁹⁰Sr у всіх її компонентах дало змогу обрахувати сумарну активність зазначених радіонуклідів в КЕЗТ та її розподіл між компонентами (Додаток I, таблиці I.1 та I.2,).

Аналіз середньозважених значень питомої активності ¹³⁷Cs та ⁹⁰Sr у компонентах (ярусах) КЕЗТ демонструє важливі закономірності. Компоненти за цим показником утворюють ранжований ряд: ярус макроміцетів (3248 Бк/кг) >> лишайниковий ярус (586 Бк/кг) > моховий ярус (532 Бк/кг) > лісова підстилка (274 Бк/кг) > трав'яний ярус (151 Бк/кг) > підріст (114 Бк/кг) > підлісок (98 Бк/кг) > деревостан (93 Бк/кг) > мінеральний шар ґрунту (74 Бк/кг) [132].

Аналіз вертикального розподілу питомої активності ¹³⁷Cs та ⁹⁰Sr у ґрунті КЕЗТ дає змогу зробити висновок про збільшення цього показника від нерозкладеної лісової підстилки до її розкладеного шару та 0 – 5-см шару гумусово-елювіального горизонту – з 115 до 347 Бк/кг. У глибших горизонтах ґрунту відбувається експоненційне зменшення величини показника – з 65 Бк/кг у шарі 5 – 10 см до 4 Бк/кг у шарі 25 – 30 см.

За середньозваженою питомою активністю компоненти КЕЗТ утворюють ранжований ряд по відношенню до накопичення радіонуклідів: ярус макроміцетів >> лишайниковий ярус > моховий ярус > лісова підстилка > трав'яний ярус > підріст > підлісок > деревостан > мінеральний шар ґрунту.

Розподіл у КЕЗТ фітомаси та сумарної активності ^{137}Cs та ^{90}Sr за ярусами рослинності є достатньо подібним, з визначальною роллю ЗЛН на шляхах залізничного транспорту. Значні відмінності згаданого розподілу є властивими для ярусів фітоценозу, які характеризуються підвищеними значеннями вмісту радіонукліду, – макроміцетів і лишайників.

Для моделювання міграції ^{137}Cs та ^{90}Sr в КЕЗТ цілком достатньо трьох компартментів – лісової підстилки, мінерального ґрунту й деревостану.

4.1.5. Екрануючий бар'єр звукових коливань КЕЗТ

КЕЗТ є потужним екрануючим бар'єром на шляху звукових хвиль. Крони листяних порід поглинають до 26 %, а відбивають і розсіюють близько 74 % звукової енергії, яка потрапляє до них [102].

Шумозахисні властивості КЕЗТ залежать від віку, висоти, конструкції, ярусності, зімкнутості пологу, щільності крони, густоти листя, дендрологічного складу, наявності підліску та чагарникового узлісся, а також віддаленості від колійного полотна та розміщення насаджень відносно джерела шуму і, як виявлено в результаті досліджень [15], ширини КЕЗТ. Проведені дослідження [288] також показали, що більший ефект для зменшення акустичного забруднення досягається, якщо влаштовувати конструкції «живого захисту», які складаються із декількох смуг із розривами між ними.

Європейська консультативна рада із залізничного транспорту (*ERRAC*) в 2002 р. поставила мету – до 2020 р. знизити рівень шуму в місцях його виникнення на 20 дБ(А) для вантажних вагонів і на 5 дБ(А) для високошвидкісних поїздів. За планами ЄС зниження шуму в місцях його виникнення стоїть на першому місці. Це, насамперед, шум від руху рухомого складу.

КЕЗТ повинні мати оптимальну щільність, глибину і висоту. Один із головних факторів, що впливає на ефективність дії шумозахисної смуги, є дендрологічний склад насаджень, який можна обчислити за допомогою коефіцієнта Кд, який для практичних розрахунків, незалежно від конструкції посадок, рекомендують брати однаковим і для листяних, і для хвойних – 1,2 (таблиця 4.1).

Таблиця 4.1 – Шумозахисна ефективність насаджень [30]

Насадження	Зниження рівня шуму за рахунок зелених насаджень у міру віддалення від магістралей, дБ				
	50 м	110 м	150 м	200 м	250 м
Листяні дерева (акація, тополя, дуб)	4,2	6,1	8,0	9,0	10,0
Листяні чагарники	6,0	9,2	11,5	12,5	14,0
Ялина	7,0	11,0	12,5	14,0	15,5
Сосна	9,0	12,2	14,2	16,0	17,5

Однією із найважливіших функцій які виконують КЕЗТ на ділянці колії Львів – Стрий – це захист від шкідливого акустичного забруднення рухомого складу.

Для визначення потрібної висоти шумозахисного бар'єра проєктувальники користуються низкою методів, а саме: Маєкави [289], Редферна [290], Реттінгера [275], VDI 2720 [297] та ін.

Визначення шумового ефекту передбачає, визначення шумопроникності лісових смуг і розсіювання звукових потоків від дії насадження. Дослідження проводились за допомогою шумоміра-аналізатора спектру, віброметра портативного ОКТАВА-110А. Прилад призначений для вимірювання середньоквадратичних, еквівалентних і пікових рівнів звуку, коректованих рівнів віброприскорення, а також октавних і третьоктавних рівнів звукового тиску і віброприскорення з метою оцінки впливу звуку, інфра і ультразвуку та вібрації на людину на виробництві і в житлових і громадських будівлях, визначення акустичних характеристик механізмів і машин, а також для

наукових досліджень. Похибка вимірювань шумоміра в нормальних умовах застосування для плоскої хвилі частотою 1000 Гц і рівнем 94 дБ, що поширюється в опорному напрямку (ортогональному площині мембрани мікрофонного капсуля) в умовах вільного акустичного поля, на характеристиці S не перевищує $-0,7$ дБА.

Шумомір встановлюється на відстані 1 м від землі із урахуванням рельєфу території. Ділянки для дослідження вибирались тільки рівнинні для запобігання зміни турбулентного режиму. Вимірювання проводились у КЕЗТ у безлистому стані у березні та жовтні та в облистяному стані у травні та серпні. Вимірювання проводились у хмарну погоду.

Шумопоглинальний ефект визначається окремо для кожного джерела акустичного забруднення: електропоїздів, пасажирських та вантажних потягів [167].

Заміри рівня звуку проводились на різних відстанях від колії. Були закладені наступні пункти спостереження: 2 м від колії – 1 пункт; на відстані 5 м – перед лісосмугою – 2 пункт; 3 пункт, у смузі – на відстані 50 м від колії; 4 пункт, у смузі – на відстані 100 м від колії; 5 пункт, у смузі – на відстані 150 м та 6 пункт, за смугою – на відстані 200 м від колії.

Також проводились одночасні заміри двома шумомірами-аналізаторами спектру, віброметрами портативними ОКТАВА-110А на відстані 2 м від колії та 200 м від колії для визначення шумопоглинального ефекту КЕЗТ.

Для того, щоб проаналізувати отримані результати використовували програму *110_UTIL-LIGHT*. Результати вимірювань згруповані в декілька вікон, які відкриваються за допомогою закладок. Закладка «УЗД в октавах» відкриває таблицю, в якій введені рівні звукового тиску в октавах 31,5 Гц – 16 кГц для усіх часових характеристик, які використовувались в режимі «ЗВУК». Закладка «УЗД в 1/3-октавах» показує таблицю 1/3-октавних рівней звуку, а закладка «Корр. уровни» – таблицю скорегованих рівнів звуку з корекціями A , C і Z . На закладці «СПЕКТР» вивчали графічне представлення 1/1 і 1/3 октавних звукових тисків.

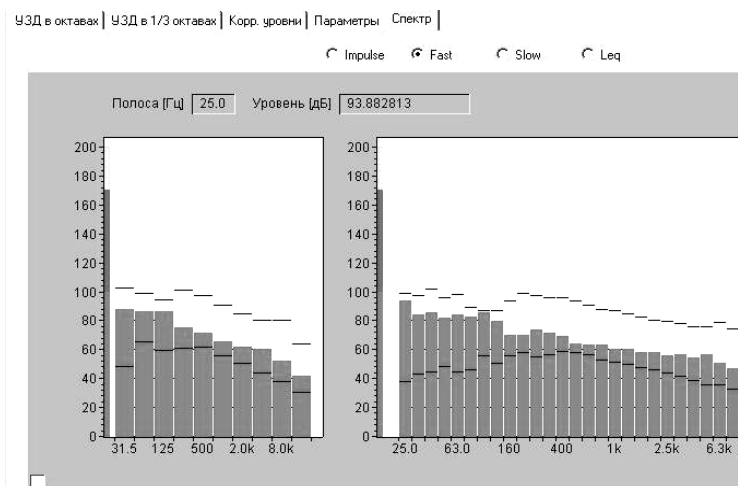


Рисунок 4.7 – Значення 1/1 і 1/3 октавних звукових тисків

Зліва представлено – октавний спектр, справа – 1/3-октавний. Щоб подивитись числове значення вимірів рівнів для частоти полоси, яка цікавить необхідно просто встановити вказівник миші на цю полосу.

Рівень шуму для кожного типу залізничного транспорту на ділянці колії Львів – Стрий визначали на 10 км зоні де за нормальних умов швидкість поїздів є незмінною.

Вивчались такі джерела акустичного забруднення: електропоїзди, вантажні та пасажирські поїзди. Для отримання об'єктивних результатів брали до уваги стан насаджень, тобто у безлистому та облістяному станах. Результати вимірювань рівня шуму в залежності від типу потягів та відстані від колійної дороги подані в таблицях.

На рисунку 4.8 представлена прохідна характеристика електропоїзда, обмірювана при розташуванні прийомної системи й джерела шуму по різні сторони ЗЛН в інтегральній смузі частот.

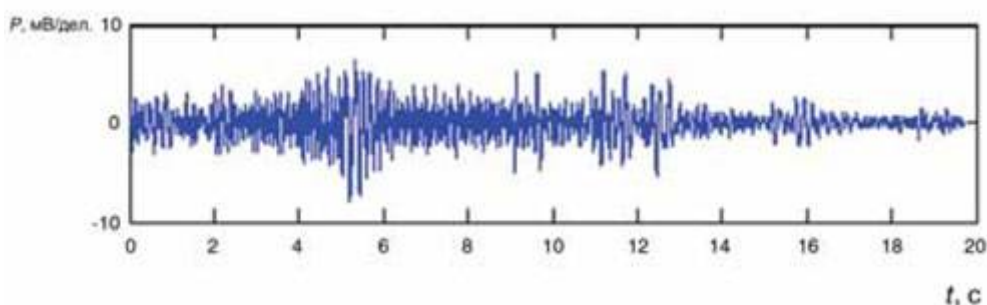


Рисунок 4.8 – Осцилограма прохідної характеристики електропотяга:

P – звуковий тиск; t – час

Фонове значення визначається на відстані 2 м від колії – 1 пункт, 50 м від колії, безпосередньо у смузі – 2 пункт, 150 м від колії – 3 пункт, 200 м, за межами захисного насадження – 4 пункт (Додаток К, таблиця К.1).

КЕЗТ знижують рівень шуму на шляхах залізничного транспорту, послаблюючи звукові коливання в момент проходження їх крізь гілки, листя й хвою. Звук, потрапляючи в крону, переходить якби в інше середовище, що має значно більший, ніж повітря, акустичний опір, відбиває й розсіює до 74% і поглинає до 26% звукової енергії. Улітку насадження знижують шум на 7-8 Дб узимку – на 3-4 Дб. (таблиця 4.2).

Таблиця 4.2 – Результати вимірювання акустичного забруднення ділянки колії Львів – Стрий

Пункт	Відстань від колії, м	Рівень шуму, дБА	
		Безлистяний стан	Облистяний стан
		Зима (січень)	Літо (липень)
1	2	3	4
Ліва сторона			
1	2	96,2	95,6
2	50	90,4	89,3
3	150	82,9	79,8
4	200	68,5	65,4
Права сторона			
1	2	97,4	95,1
2	50	91,3	88,0
3	150	83,4	78,6
4	200	69,1	65,7

Дослідження вимірювання рівня шуму від електропоїздів проводилось за умов одного джерела шуму, який рухався зі швидкістю 60 км/год. Дослідження показало, що є незначні відмінності у рівні шуму залежно від стану насаджень. Дослідження вимірювання рівня шуму від пасажирських потягів проводилось за умов одного джерела шуму, який рухається зі швидкістю 90 км/год. Дослідження вимірювання рівня шуму від вантажних потягів проводилось за умов одного джерела шуму, який рухався зі швидкістю 90 км/год (Додаток К, таблиця К.2 – К.4).

Паралельне вимірювання рівня акустичного забруднення на ділянці колії Львів – Стрий підтверджує гіпотезу, проте, що КЕЗТ виконує роль фільтра шумового забруднення, затримуючи та частково розсіюючи його. Проведені дослідження виявили загальну тенденцію зниження рівня шуму від усіх дослідних джерел шуму на 20 дБА, що покращує комфорт на прилеглих до залізничі територіях. В облистяному стані КЕЗТ краще виконують роль розсіювача звукових потоків, ніж у безлистому стані. Коливання рівня шуму залежно від стану насадження складає 4-6 дБА, що є показником більшої шумопоглинальної ефективності насаджень в облистяному стані (Додаток К, рисунок К.1).

Ефективність зниження шуму зеленими смугами залежить від їхньої ширини і характеру розміщення (таблиця 4.3).

Таблиця 4.3 – Зниження рівнів шуму смугами зелених насаджень

Смуга зелених насаджень	Ширина смуги, м	Зниження рівня шуму, дБА
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Однорядна при шаховоподібній посадці дерев усередині смуги	10-15	4-5
Однорядна при шаховоподібній посадці дерев усередині смуги	16-20	5-8,1
Дворядна при відстанях між рядами 3-5 м	21-25	8-10
Дво- або трирядна при відстанях між рядами 3 м	26-30	10-12

Ефективність зниження рівня шуму КЕЗТ визначають на підставі розрахункових схем за формулою, яку запропонували Ф. Майстер і В. Рурберг:

$$L_{ef} = 10 \lg \left(\frac{r_1 + \sum_1^i B_1 + \sum_1^i A_1}{r_1} \right) + 1,5z + \beta \sum_1^i B \quad (4.2)$$

де r_1 – відстань від джерела шуму до початку шумозахисної смуги, м;

A_i – ширина просвітів між смугами зелених насаджень, м;

B_i – ширина смуг зелених насаджень, м;

z – кількість смуг шумозахисних насаджень;

β – коефіцієнт питомого поглинання звукової енергії. Величину β приймають за таблиця 4.4.

Таблиця 4.4 – Питоме поглинання звуку зеленими насадженнями

Категорія зеленх насаджень	Питоме поглинання звуку, дБ, на 1 м погонної довжини при частоті, Гц					Середня величина зниження рівня шуму, дБА
	200-400	400-800	800- 1600	1600- 3200	3200- 6400	
Сосна (крона)	0,08-0,11	0,13-0,15	0,14-0,15	0,16	0,19-0,20	0,15
Молодий сосновий ліс	0,10-0,11	0,10	0,10-0,15	0,10	0,14-0,20	0,15
Ялиця (крона)	0,10-0,12	0,14-0,17	0,18	0,14-0,17	0,23-0,30	0,18
Густий листяний ліс	0,05	0,05-0,07	0,08-0,10	0,11-0,15	0,17-0,20	0,12-0,17
Щільний живопліт	0,13-0,15	0,17-0,25	0,18-0,35	0,20-0,40	0,30-1,50	0,25-0,35

Рівень шуму за КЕЗТ складе:

$$L_{ногл} = L_1 - L_{эф}, \quad (4.3)$$

де L_1 – рівень шуму у визначеній точці.

Згідно з розрахунковою схемою на рисунок К.1, Додаток К і табл. 4.4 визначаємо розрахункові елементи. Відстань від джерела шуму до крони першої смуги КЕЗТ складатиме $r_1 = 0,5 + 1,75 = 2,25$ м, ширина екотонів в КЕЗТ – $B_1 = 0,5 + 1,5 + 3,5 + 2,5 = 8$ м, $B_2 = 2,5 + 3,5 + 3,5 + 1,3 + 0,5 = 11,3$ м, ширина просвітів між смугами зелених насаджень $A_1 = 4,5 + 0,7 - 2,5 + 1,0 - 2,5 = 1,2$ м, $A_2 = 1,5 - 0,5 = 1,0$ м, кількість рядів в КЕЗТ $z = 2$ і коефіцієнт питомого поглинання звукової енергії $\beta = 0,15$. Тоді ефективність зниження шуму цією КЕЗТ дорівнюватиме:

$$L_{ef} = 10 \cdot \lg\left(\frac{2,25 + 19,3 + 2,2}{2,25}\right) + 1,5 \cdot 2 + 0,15 \cdot 19,3 = 16,1 \text{ дБА}$$

Звукові хвилі, які доходять до КЕЗТ, абсорбуються листям та гілками дерев. Найефективнішими для абсорбції шумового забруднення є ті рослини, які мають товсте листя на тонких гілках.

Для отримання помітного шумозахисного ефекту насадження повинні бути густими і мати щільну зелену масу крон дерев і кущів. Акустичний ефект зниження рівня звуку визначають такі фактори, як ширина смуги, дендрологічний склад і конструкція насаджень. Зелені насадження, сформовані у вигляді спеціальних шумозахисних смуг, можуть давати ефект зниження рівня шуму до 8 дБА. Високий ефект дає посадка завширшки 20 м, зокрема п'ять рядів хвойних дерев і два ряди чагарників. Проте, ефективнішою є посадка декількох щільних смуг дерев на такій відстані одна від одної, щоб їх крони не змикалися. У такому випадку кожний ряд дерев з щільною живою огорожею знижує шум на 1-2 дБ, стаючи новою перепоною на шляху його пересування, екрануючи його. Міжрядні простори, вкриті трав'янистою рослинністю, також беруть участь у абсорбції звукових хвиль.

Шумозахисні смуги зелених насаджень повинні представляти собою спеціальні щільні насадження великих швидкоростучих деревно-кущових порід з густою, низько опущеною щільною кроною. Проміжок під кронами повинен бути закритий кущами. Насадження дерев в смузі може бути рядовим або шаховим при відстані між деревами не більше 4 м, висоті дерев не менше 5 – 8 м, а кущів – 1,5-2 м. При цьому шахове насадження більш ефективне для зниження шуму. Зелені насадження із хвойних порід більш ефективні для шумозахисту у порівнянні з листяними і не залежать від пори року.

4.2. Конструктивно-екологічна концепція КЕЗТ

КЕЗТ заданої структури – це цілісний елемент ЗЛН захисного типу, який складається з кількох різних за видовим складом, висотою, фактурою, габітусом і типом рослин, що зростають паралельно, у безпосередній

близькості та зливаються в одну структурну одиницю захисту залізничного полотна (рисунок 4.9).



Рисунок 4.9 – Структура КЕЗТ

Структура простої КЕЗТ слугує основою для подальшої класифікації складної КЕЗТ, де основними показниками якості функціонування є вимірні показники [120, 148, 295]. Найвищий типовий КЕЗТ, який входить до складу ЗЛН лінійного типу на шляхах залізничного транспорту, є основним, а інші нижчої висоти і залежно від віддаленості від основного – другорядними, третьорядними тощо [81].

За способом догляду складний КЕЗТ поділяють на: формований, комбінований та неформований (рисунок 4.9) [203]. Складний формований КЕЗТ утворюють структурні одиниці – типові КЕЗТ, які формуються та мають правильно задану форму. Складний неформований КЕЗТ – створюється із вільноростучих типових КЕЗТ. У комбінованих складних КЕЗТ поєднуються формовані та неформовані структурні одиниці – типові КЕЗТ (рисунок 4.10). Також вони можуть поєднувати, як чисті, так і змішані КЕЗТ.

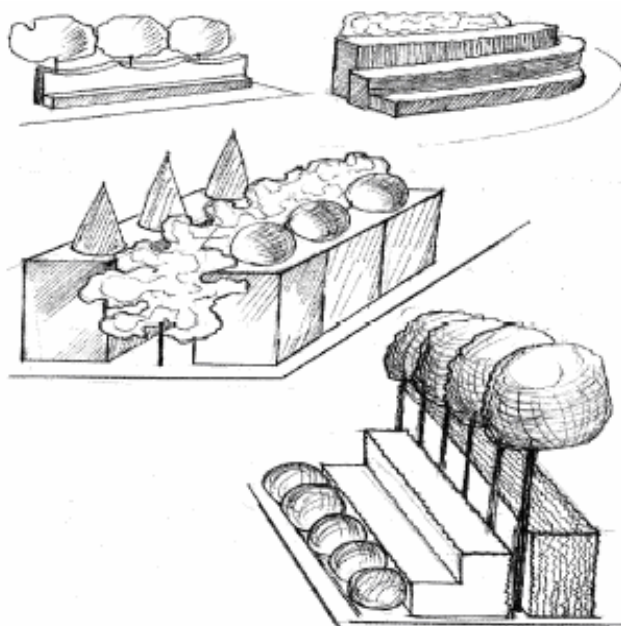


Рисунок 4.10 – Структура складного КЕЗТ [115]

За видовим складом складний КЕЗТ поділяють на: чистий та змішаний. До складу чистого складного КЕЗТ входять типові чисті КЕЗТ. Складний змішаний КЕЗТ складається із типових КЕЗТ, з яких один або кілька є змішаними (рисунок 4.11).

Складний КЕЗТ може складатися щонайменше із двох структурних одиниць, тобто з двох паралельно зростаючих типових КЕЗТ (рисунок 4.11). КЕЗТ, що має найбільшу висоту є основним. У симетричних або асиметричних складних КЕЗТ він знаходиться у середині, а в односторонніх – з тилової сторони захисної смуги.

За формою поперечного перерізу типові КЕЗТ, що входять до складного КЕЗТ, можуть бути як однакові, так і різні. За структурою поперечного перерізу складні КЕЗТ поділяють на: односторонні, симетричні та асиметричні. Односторонній складний КЕЗТ характеризується ступінчастою будовою та розташуванням другорядного та третьорядного типового КЕЗТ тільки з однієї сторони від основного.

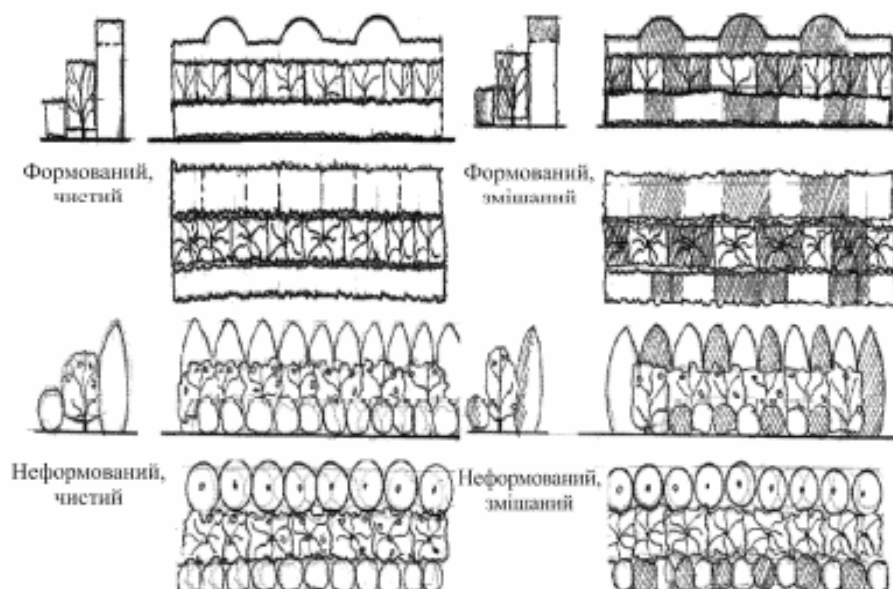


Рисунок 4.11 – Структура формованого та неформованого КЕЗТ [44, 115]

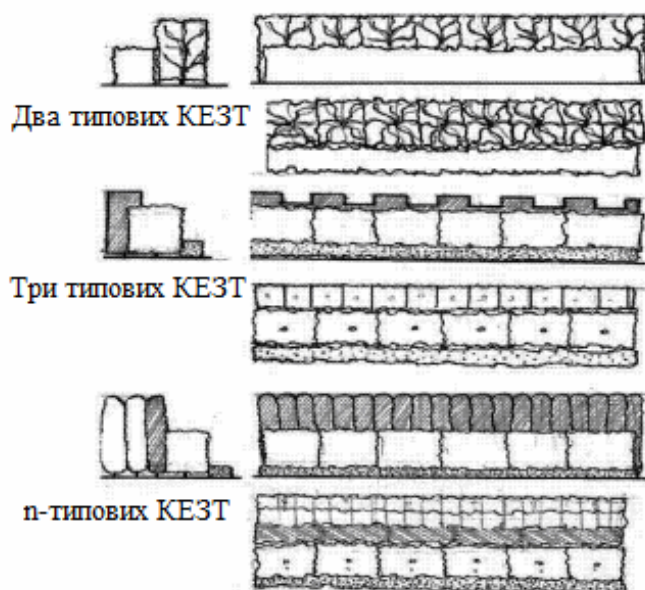


Рисунок 4.12 – Структура складних КЕЗТ [148]

У симетричному складному КЕЗТ – типові КЕЗТ розміщені дзеркально, відносно основного типового КЕЗТ. Будова асиметричного складного КЕЗТ є довільною, кількість та висота паралельно ростучих типових КЕЗТ (другорядних, третьорядних, n -рядних), з різних сторін основного – різною (рисунок 4.12).

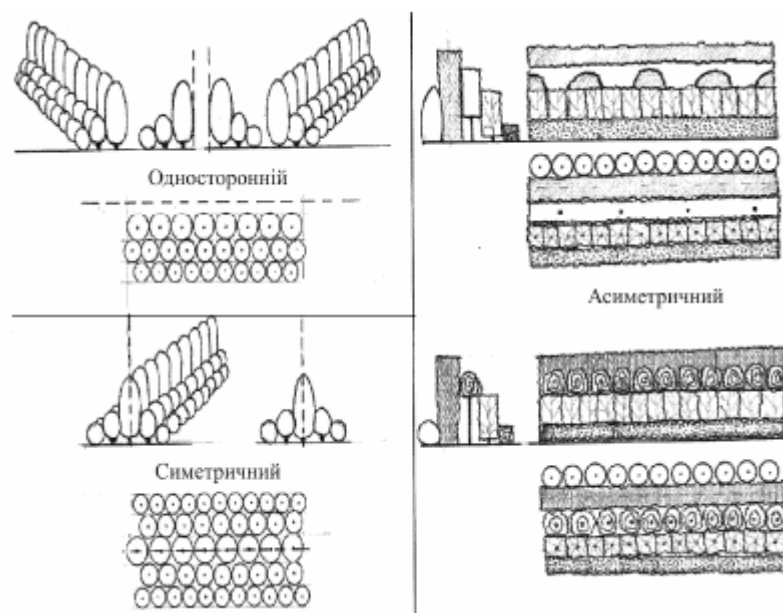


Рисунок 4.13 – Структура поперечного перерізу складного КЕЗТ [94, 112]

Для встановлення висоти складної КЕЗТ використовують і беруть за основу показник висоти основного типового КЕЗТ. Складний КЕЗТ поділяють на: низький – до 10 м та високий – понад 10 м (рис. 4.13).

У симетричних та асиметричних складних КЕЗТ при описі другорядних і трирядних КЕЗТ зазначають їх фронтальне розташування до сторін світу, наприклад: другорядний західний, і другорядний східний, третьорядний східний (рисунок 4.14).

Для створення неформованих складних КЕЗТ враховують усі морфологічні особливості видів та сортів рослин, зазвичай використовують види із компактною формою крони.

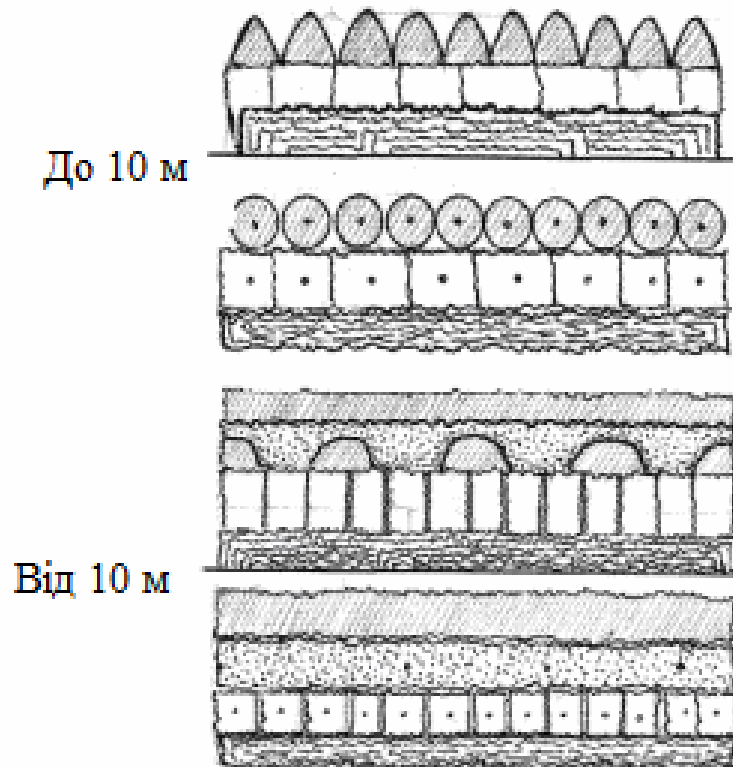


Рисунок 4.14 – Структура низького та високого складного КЕЗТ [113]

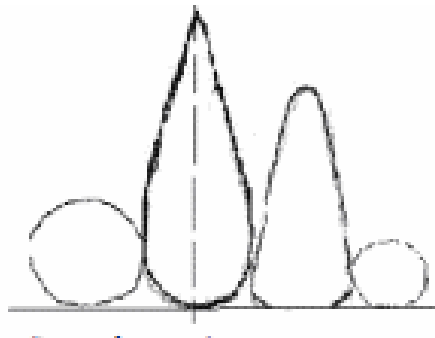


Рисунок 4.15 – Поперечний розріз складного КЕЗТ

Моделюючи фітоценози КЕЗТ необхідно виходити із вибору едифікаторів які, якщо йдеться про аналоги природніх ЗЛН, мають відповідати еколого-фітоценотичній класифікації беручи до уваги такі ієрархічні рівні як формація та субформація, а також тип лісу (рисунок 4.16).

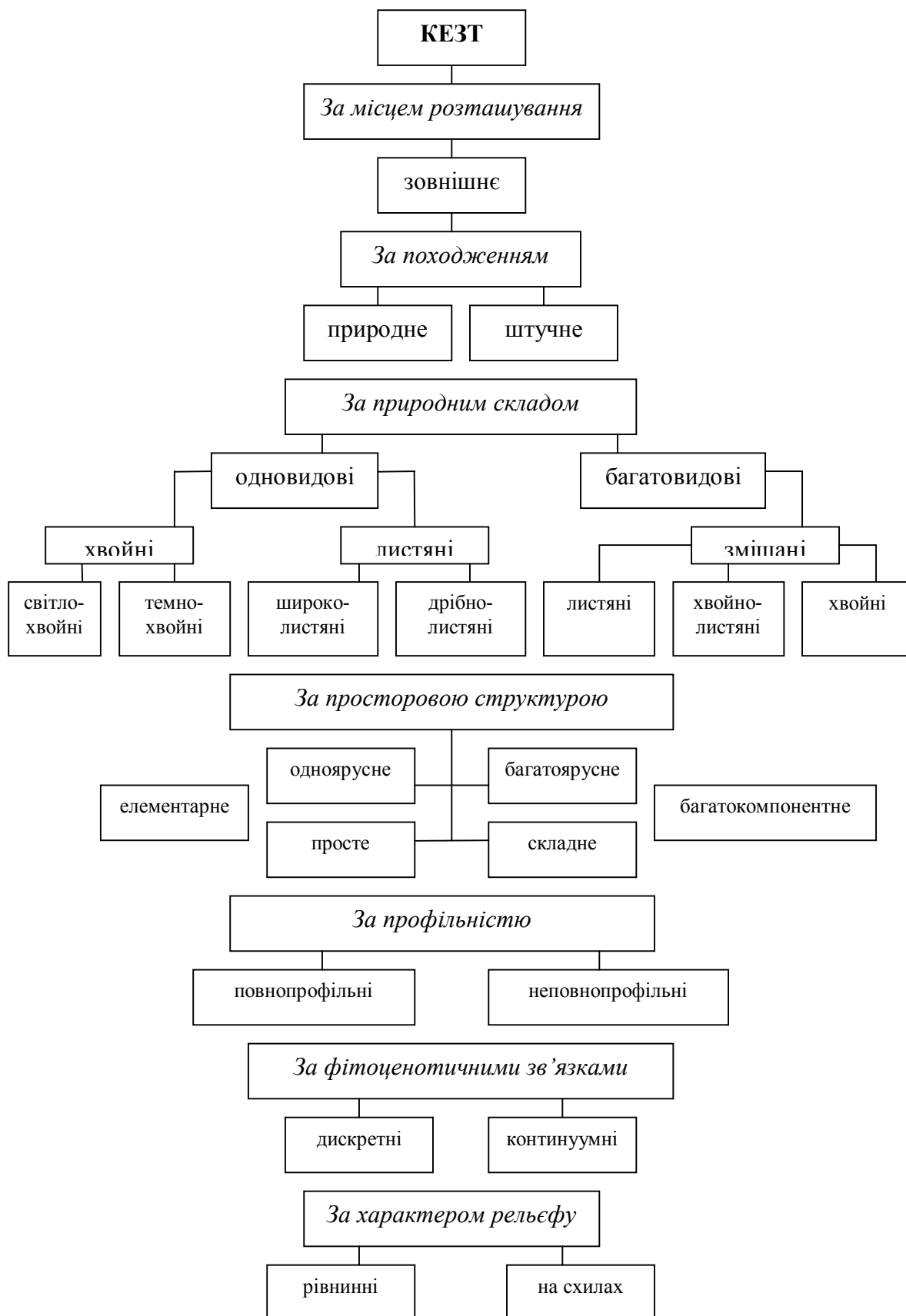


Рисунок 4.16 – Класифікація за фітоценотичною структурою КЕЗТ

Завданням даного розділу проектування є детальна розробка схем всіх типів запроєктованих КЕЗТ, які повинні включати в себе наступні показники:

- вибір деревних і чагарникових порід для конкретних КЕЗТ;

- тип і спосіб змішування деревних і чагарникових порід;
- кількість рядів у смузі і відстань між ними;
- ширина лісосмуги;
- крок посадки або посіву.

Залежно від необхідної конструкції КЕЗТ створюють по деревно-тіньовому, деревно-чагарникових або однопородних типах змішання. Для створення смуг продувної конструкції використовують деревно-тіньовий тип з рядовим змішанням. Для створення смуг ажурної конструкції використовують деревно-чагарниковий тип змішування з великою кількістю рядів.

З метою забезпечення комплексної механізації робіт ширину міжрядь беруть в залежності від ґрунтово-кліматичних умов, тому у нас лісостепова зона, а ґрунту опідзолені чорноземи то ширина міжрядь дорівнює 2,5 – 3,0 м.

Відстань між рядами при рядковому посіві насіння приймають 15 – 20см, при рядково-лунковому посіві відстань між лунками 1,5 – 2,0 м. Ширина КЕЗТ – це відстань між крайніми її рядами плюс ширина двох закрайок, шириною рівною половині ширини міжрядь. Для КЕЗТ вона приймається рівною 7,5 – 1,5 м. Найменша – для умов лісостепу і найбільша – в районах, схильних до вітрової ерозії. Відстань між рослинами в рядах при посадці сіянців і неокорених живців приймається 1,0 – 1,5 м, саджанців і окорених живців 1,5 – 3,0 м.

Виходячи з вищевикладеного та нормативних даних приймемо виробництво КЕЗТ посадкою 3-х літніх сіянців всіх порід рядовим способом з використанням технології мікоризації садивного матеріалу. Кількість рядів і відстань між ними визначимо виходячи з конструкції смуг і використовуваних порід.

4.3. Застосування інформаційної технології для дослідження якості процесу функціонування КЕЗТ

Особливої уваги й аналізу заслуговує кібернетична суть КЕЗТ. Згідно з Н. Вінером [27], кібернетика – це наука про керування та зв'язок у тварині і машині. В.М. Глушков [42] визначав її як «науку про загальні закони одержування, зберігання, передавання і перетворення інформації в складних

керівних системах» [42 с. 473], а, загалом, у перекладі з грецького, означає мистецтво керувати.

На відміну від цілком біотичних систем, які, за В.І. Вернадським [21, 25, 26], виникли спонтанно, стихійно, природним шляхом, формувалися впродовж тривалого часу органічної еволюції і мають такого самого походження генетичні механізми саморегуляції, КЕЗТ є наслідком потужної роботи людського розуму і керованої ним праці [8]. Їхнє зародження також було спонтанним, стихійним і природним, але їхні механізми саморегуляції за своєю суттю – соціального походження і генезисно пов'язані з вищою від біотичної формою організації, оскільки будучи за своєю суттю біологічними об'єктами виконують функції інженерних споруд на шляхах залізничного транспорту.

Після того, як виробнича діяльність охопила цілу біосферу, вона (біосфера) разом з іншими блоками соціосфери опинилася в єдиному кібернетичному контурі управління [19] – інтелектуальному, перетворившись в трофічну, ресурсну і середовищну базу соціосфери, а її стан з часом потрапив у залежність від ефективності роботи регуляторних механізмів останньої.

Для того, щоби будь-яка система працювала в режимі саморегулювання вона повинна мати:

- свій внутрішній регуляторний блок, котрий сприймає, накопичує, зберігає, перетворює і передає інформацію;
- канали прямого зв'язку між регулятором і керованою системою, якими передаються регуляторні сигнали щодо удосконалення структури і режиму роботи керованої системи;
- канал зворотного зв'язку, яким надходить до регулятора інформація про її стан і функціонування;
- еталонну (гіпотетичну, перспекти вну) систему – проектний зразок системи майбутнього, до якої повинна наближатися керована система під впливом управлінської роботи регулятора;
- здатність до саморегуляції за трьома типами керування: за заданою програмою, за замкненим циклом зі зворотним зв'язком і з урахуванням факторів, що зумовлюють відхилення від програми.

Кіберфізична система (КФС) являє собою складну систему, яка об'єднує обчислення, комунікації та фізичні процеси. ІС має ієрархічний рівень структури, потоки інформації та систему прямих і зворотних зв'язків і ґрунтується на гіпотезі про те, що зміни у системі зумовлені цими зв'язками [3, 7]. Отримання кінцевого результату – є функцією параметрів окремих блоків системи, якими необхідно керуватися при обґрунтуванні та прийнятті управлінських рішень щодо еколого-економічного розвитку КЕЗТ на шляхах залізничного транспорту [163, 217,256].



Рисунок 4.17 – Модуль екологічного аналізу КЕЗТ

На рисунку 4.17 наведено модуль екологічного аналізу КЕЗТ. Екологічний аналіз включає ідентифікацію КЕЗТ – це процес розпізнавання системою показників і параметрів, що визначають лісове насадження, як КЕЗТ; оцінка використання потенціалу КЕЗТ – застосування запасів та засобів компонентів КЕЗТ, що можуть бути використані для виконання захисних функцій на шляхах залізничного транспорту; виділення повнопрофільних та неповнопрофільних КЕЗТ – класифікація КЕЗТ за ознаками профільності, тобто чітко простежуваною структурою смуг; встановлення екологічної ємності – узагальнена характеристика, що кількісно відповідає максимальному техногенному навантаженню, яке може витримувати впродовж тривалого

періоду сукупність реципієнтів та екологічних систем КЕЗТ без порушення їхніх структурних і функціональних властивостей.

Для отримання достовірної інформації про характер впливу на КЕЗТ необхідно запропонований підхід реалізовувати в таких напрямках:

- застосування не тільки методів математичної статистики, а й інформації про механізми реакції екотонів на зовнішній вплив;
- виявлення ступеня впливу конкретних зовнішніх факторів на стан НПС;
- встановлення впливу взаємозв'язків різних параметрів;
- вивчення періодичності часової і просторової мінливості аналізованих параметрів у консорціях;
- отримання можливості роздільної оцінки кількісних параметрів розвитку природних і антропогенних процесів в консорціях і прогнозування тенденцій в екотонах при сукупному впливі природних і антропогенних факторів;
- визначення оптимального числа натурних вимірювань одного параметра в екотоні і рівня достатньої точності інструментальних засобів екологічного моніторингу.



Рисунок 4.18 – Модуль проектування КЕЗТ

На рисунку 4.18 наведено модуль проектування КЕЗТ. Алгоритм застосування показників передбачає [163]:

- оптимізацію структури КЕЗТ – знаходження екстремуму певної функції або вибору найкращого (оптимального) варіанту з безлічі можливих –

найбільш надійним способом знаходження найкращого варіанту є порівняльна оцінка всіх можливих варіантів (альтернатив);

- компртмент-модель КЕЗТ – метод аналізу статистичних даних КЕЗТ, як сукупності блоків, пов'язаних між собою вхідними і вихідними потоками речовини і енергії;
- фіторизоремедіація ґрунту – в основу методу поставлено задачу розробки нового ефективного, універсального, доступного, екологічно та економічно обґрунтованого способу ремедіації спрямованого на культивування комплексу ремедіатив: мікоризні гриби та асоційовані з ними рослинні мікроорганізми, що володіють потенціалом до високої ризосферної біоремедіації ґрунту *in situ* [225, 226, 227]. Поставлене завдання вирішується формуванням стійкої асоціації мікоризних грибів – тих, які найчастіше трапляються на територіях девастрованих ґрунтів залізничних шляхів та прилеглих до них ділянок і здатних до трансформації широкого спектру органічних та неорганічних речовин-забруднювачів, які разом з *Suillus luteus* і *Tuber melanosporum* утворюють мікоризу з рослинами, що сприяє підвищенню стійкості висаджених сіянців листяних та хвойних рослин, забезпечує відповідно виконання ними ролі фіторемедіатив, що здійснюють фіто стабілізацію та фіто екстракцію забруднювачів [227].
- біоінженерні споруди – склад і структура насаджень, які за умови інтенсифікації залізниці здатне зберігати/відновлювати біотичне та ландшафтне різноманіття, підвищувати продуктивність КЕЗТ і здатність їх до самовідновлення, забезпечувати екологічну безпеку території – такий стан, за якого не виникають екологічні ризики, зберігається здатність КЕЗТ виконувати тепер і в майбутньому економічні, екологічні і соціальні функції на шляхах залізничного транспорту [255].

Внаслідок дотримання принципу сільватизації КЕЗТ у рослинному покриві протікають динамічні процеси; в державному секторі зростає рівень природних комплексів, а в приватному – штучних ЦК [165, 173, 174]. Запропонований спосіб забезпечує збільшення флороценотичного насичення

фітоценозів до 10-20% й одночасно до ценотичного збагачення та збільшення ценотичної різноманітності, крім того, флористичне збагачення є умовою укладення структурної організації фітоценозів та їх екосистем, що є однією з умов створення екомережі на їх базі [205].



Рисунок 4.19 – Модуль екосистемного моніторингу і контролю якості КЕЗТ

На рисунку 4.19 наведено модуль екосистемного моніторингу і контролю якості КЕЗТ. Екосистемний моніторинг і контроль якості КЕЗТ доцільно проводити за наступними показниками: функціональна роль ЕЗТ; структурно-функціональні особливості КЕЗТ [215, 216].

Загальний алгоритм використання визначених показників поєднує встановлення і оцінку відповідних факторів середовища шляхом прямого або непрямого визначення за матеріалами моніторингу їх кількісних показників, а також створення на основі багатоспектральних даних просторової основи для оцінки впливу об'єкту залізниці на стан НПС.

Запропонований підхід враховує властивості природних комплексів: багатозв'язковість, стійкість, комутативності, адитивність, інваріантність, а також множинну кореляцію компонентів природи:

- багатозв'язковість виражається в різнохарактерній дії на природу, яке може спричинювати в ній зміни, що складно врахувати.
- адитивність – це можливість багатопараметричного складання різних джерел техногенної і антропогенної дії на природу, що може привести до

непередбачуваних змін у природі.

- інваріантність є властивістю екосистем зберігати стабільність у межах регламентованих техногенних і антропогенних дій.
- стійкість – це здатність екосистем зберігати початкові параметри до природної, техногенної і антропогенної дії.
- множинна кореляція характеризує екосистеми з позицій зумовленості випадкових і не випадкових подій з аналітичним зв'язком між ними [206, 207].

Для ефективного обліку необхідно мати достовірну, своєчасну і повну інформацію про головні параметри поточних станів компонентів КЕЗТ і техногенних факторів, що впливають на них [154]. До інформації, яка формує основу науково обгрунтованих рішень, необхідно висувати такі вимоги:

- повнота і збалансованість, отримані показники повинні дозволяти використовувати обрану стратегію оцінки і відповідати поставленим цілям проведення екологічного моніторингу: визначати ступінь емісії забруднювачів, характеризувати проблеми якості навколишнього природного середовища [172];
- чутливість – доцільно було б встановити для кожної змінної відповідний діапазон значень, в межах якого вона може змінюватися, і відповідно до цього відібрати коректні методики її визначення [168];
- статистична залежність між станом консорції та екотоном в цілому;
- можливість інтерпретації отриманої інформації;
- доступність і надійність даних;
- принцип біоіндикації, як напрямок підвищення обсягів отримання екологічної інформації при збереженні витрат на реалізацію програм [170].

Екосистемний принцип моніторингу і контролю якості КЕЗТ дозволить підвищити: рівень адекватності дійсному екологічному стану на шляхах залізничного транспорту його інформаційної моделі; оперативність отримання та достовірність первинних даних за якістю КЕЗТ на залізниці; рівень і якість інформаційного обслуговування споживачів екоінформації на основі мережевого доступу до банків та баз даних.

4.4. Висновки до розділу 4

1. Уточнено показники якості функціонування КЕЗТ за наступними критеріями: фітоценотична та паридимічна структури; функції геохімічного бар'єру, розподілу техногенних радіонуклідів, екрануючого ба'єру звукових хвиль.

Встановлено закономірності розподілу полютантів та седиментів в системі «грунт – рослина» на ділянці колії Львів – Стрий. Розраховано оптимальну ширину КЕЗТ з урахуванням функції шумозахисних ЛН та розроблено концепцію підбору головних деревних порід для такого типу КЕЗТ.

2. Розроблено та обгрунтовано конструктивно-екологічну концепцію простого КЕЗТ. Запропоновано класифікацію КЕЗТ за фітоценотичною структурою.

3. Обгрунтовано застосування інформаційної системи КЕЗТ, що забезпечується шляхом створення раціональних «конструкцій», які передбачають: відповідну організацію території; вибір форм і видів господарювання з урахуванням особливостей протікання в КЕЗТ небезпечних процесів і явищ (в т.ч. екологічних ризиків); проведення заходів щодо попередження виникнення екологічних ризиків. Запропонований підхід враховує властивості природних комплексів: багатозв'язковість, стійкість, комутативності, адитивність, інваріантність, а також множинну кореляцію компонентів природи

У контексті функціонування ІС КЕЗТ необхідне поєднання пасивних і активних форм діяльності: у полідомінантних природних екотонах – сприяння процесам самовідновлення (сильватизації деревостанів); в умовно природних екотонах – переформування похідних фітоценозів у наближені за видовим складом і структурою до природних, відновлення різноманітності, забезпечення можливості здійснення процесів самовідновлення.

ВИСНОВКИ

У результаті виконаних у цій роботі досліджень, спрямованих на розв'язання актуальної науково-практичної задачі вдосконалення нормативно-технічного забезпечення якості функціонування КЕЗТ на шляхах залізничного транспорту, отримано такі наукові та практичні результати:

1. Розроблено схему узагальнених підходів щодо підвищення якості функціонування КЕЗТ на основі вивчення історії розвитку захисних лісових насаджень на залізниці та аналізу міжнародних стандартів серії *ISO 9001:2015* та *ISO 14001:2015*.

2. Обґрунтовано необхідність конструктивно-екологічної концепції екотонів захисного типу, як одного із найінноваційніших шляхів забезпечення стійкості антропогенно змінених екосистем, зокрема, підвищення їх буферності за рахунок часткового відтворення лісових біогеоценозів, які є невід'ємною складовою природних ландшафтів, а також уведення консорцій таких екотонів в інтразональні для них плакорні лісотипологічні умови, що дозволить забезпечити екологічну безпеку на шляхах залізничного транспорту використовуючи виключно природні механізми захисту навколишнього природного середовища. Вивчено просторову структуру КЕЗТ за фронтальною будовою лісосмуги в залісненому стані, з метою визначення аеродинамічних властивостей таких захисних лісових насаджень з позиції інженерної споруди.

Визначено вертикальну і горизонтальну структуру КЕЗТ та обґрунтовано доцільність такого підходу для встановлення екологічного та енергетичного потенціалу захисних лісових насаджень вздовж залізничних шляхів.

3. Запропоновано схему узагальнених заходів організації щодо підвищення якості функціонування КЕЗТ, необхідних для виконання положень *ISO 14001*, яка базується на моделі «Планування – Впровадження – Контроль – Удосконалення», та спрямована на досягнення постійного поліпшення. Вона складається з обов'язкових елементів згідно вимог стандарту *ISO 14001*.

4. Наведено шляхи підвищення якості КЕЗТ та методології оцінювання їх якості, яка сприяє встановленню причинно-наслідкових зв'язків у регулюванні якості КЕЗТ.

5. Запропоновано структуру комплексного показника життєздатності КЕЗТ: комплексним показником життєздатності КЕЗТ є вектор, компонентами якого є часткові показники КЕЗТ: H_1 – індекс стану КЕЗТ; H_2 – індекс структурного різноманіття КЕЗТ; H_3 – еквівалентний рівень звуку в КЕЗТ внаслідок руху транспорту на шляхах залізничного транспорту; H_4 – концентрація солей металів в КЕЗТ; H_5 – рівень радіаційного випромінювання.

6. Запропоновано досліджувати КЕЗТ за допомогою компартментального аналізу, при цьому ступінь керованості КЕЗТ за допомогою системи блоків-компартментів залежить, у першу чергу, від вибраних критеріїв оптимізації. Система критеріїв і субкритеріїв виявляє мету будь-якого блоку в системі моделей та основні стратегічні критерії, через які досягається кінцева мета управлінського процесу.

Чисельним виразом запропонованого підходу є визначення *Eco*-індикатора КЕЗТ, як замкненої системи матеріальних потоків, відображених у дереві процесів. *Eco*-індикатор дозволяє прийняти одну оцінку для всієї системи, враховуючи вхідні та вихідні потоки, а також природно-кліматичні умови – так званий екологічний індекс. Це сума всіх окремих *eco*-точок або часткових індексів для всіх процесів, що мають місце в системі.

7. Визначено систему математичних моделей та розроблено на їх основі нормативно-інформаційне забезпечення для оцінювання компонентів фітомаси захисних насаджень, що вирішують проблему комплексного обліку КЕЗТ. Розглянуті моделі є теоретико-аналітичною основою для встановлення екологічного та енергетичного потенціалу КЕЗТ. Запропоновані математичні моделі для оцінювання фітомаси мають важливе прикладне і практичне значення та вирішують проблему комплексного обліку росту КЕЗТ запропонованого складу.

Введено ймовірнісну комплексну оцінку стану ґрунту на основі рівномірної шкали якості та калібрування функцій показника стану.

Застосована універсальна ймовірнісна шкала визначення рівня забруднення ґрунтів КЕЗТ в залежності від забруднення поллютантами та седиментами за аналогією визначення рівнів забруднення ґрунтів за Макаровим.

8. Запропоновано концепцію інформаційної системи КЕЗТ з метою автоматизації процесу управління їх якістю, що базується на наступних принципах: застосування не тільки методів математичної статистики, а й інформації про механізми реакції екотонів на зовнішній вплив; встановлення впливу взаємозв'язків різних параметрів; вивчення періодичності часової і просторової мінливості аналізованих параметрів у консорціях; отримання можливості роздільної оцінки кількісних параметрів розвитку природних і антропогенних процесів в консорціях і прогнозування тенденцій в екотонах при сукупному впливі біотичних і абіотичних факторів; визначення оптимальної кількості натурних вимірювань одного параметра в екотоні і рівня точності інструментальних засобів екосистемного моніторингу.

Запропонований підхід враховує властивості природних комплексів: багатозв'язковість, стійкість, комутативності, адитивність, інваріантність, а також множинну кореляцію компонентів природи. Отримання кінцевого результату – є функцією параметрів окремих блоків системи, якими необхідно керуватися при обґрунтуванні та прийнятті управлінських рішень щодо еколого-економічного розвитку КЕЗТ на шляхах залізничного транспорту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абакумов В.А. Экологические модификации и развитие биоценозов // Экологические модификации и критерии экологического нормирования/ Тр. междунар. симпозиума.– Л.: Гидрометеиздат, 1991. – С. 18–40.
2. Алексеев В.А. Световой режим леса. Л.: Наука. 1975. 227 с. 15.
3. Амосов М.М. Біологічні системи // Енциклопедія кібернетики, т.1. – К.: Голов. ред. УРЕ, 1973. – С. 163-165.
4. Андрейцев В.І. Земельне право і законодавство суверенної України: Актуальні проблеми практичної теорії : Монографія. – К.: Знання, 2005. – 445 с. – С. 287.
5. Анучин Н.П. Лесная таксация. – М.: Лесн. пром-сть, 1977. 512 с.
6. Арнольд Ф.К. История лесоводства в России, Франции и Германии. – СПб., 1895. 73 с.
7. Атомонов Ю.Г. Зворотній зв'язок // Енциклопедія кібернетики, т.1. – К.: Голов. ред. УРЕ, 1973. – С. 366-369.
8. Бачинкський Г.А. Социэкология: теоретические и прикладные аспекты. – К.: Наук. думка, 1991. 153 с.
9. Беднова О.В. Нормирование рекреационных нагрузок на лесные экосистемы городских особо охраняемых природных территорий: традиции и реальность // Использование и охрана природ. ресурсов в России. – 2012. – № 1. – С. 47–51.
- 10.Безель В.С., Кряжимский Ф.С., Семириков Л.Ф., Смирнов Н.И. Экологическое нормирование антропогенной нагрузки. Общие подходы // Экология.– 1992.– № 6. – С. 3–10.
- 11.Беклемишев В.Н. О классификации биоценологических (симфизиологических) связей // Бюл. Моск. об-ва испыт. природы. Отд. биол. 1951. Т. 11. С. 3–30.

12. Бельгард А.Л. Лесная растительность юго-востока УССР. Киев: Изд. Киевск. гос. ун-та, 1950. 294 с.
13. Бессонова В. П., Зайцева І. А. Вміст важких металів у листі дерев і чагарників в умовах техногенного забруднення різного походження // Питання біоіндикації та екології. – Запоріжжя: ЗНУ, 2008. – Вип. 13, № 2. – С. 62-77.
14. Биоиндикация загрязнения наземных экосистем / под ред. Р. Шуберта. – М.: Мир, 1988. – 348 с.
15. Бобин Е.В. Борьба с виробничим шумом на залізничному транспорті. – Москва: Транспорт, 1964. – 142 с.
16. Бобра Т.В. Ландшафтные экотоны Крыма // Биологическое и ландшафтное разнообразие Крыма: проблемы и перспективы. – 1999. – Вып. II. – С. 31-33.
17. Бобра Т.В. Экотон – объект ландшафтоведения XXI века // Записки общества геоэкологов – Симферополь, 2000. – Вып 3. – С. 20-22.
18. Бобра Т.В. К вопросу о понятиях «граница» – «экотон» в географии // Проблемы материальной культуры: географические науки. – Симферополь, 2005. – С. 7-12.
19. Бокарев В.А. Понятие управления и оптимизации биосферы // Методологические аспекты исследования биосферы. - М.: Наука, 1975. – С. 268-282.
20. Бондаренко В.Д., Фурдичко В.Д. Узлісся: екологія, функції та формування. Львів: Астериск, 1993. – 64 с.
21. Борисенков Е.П. Идеи Вернадского В.И. о ноосфере и биогеохимических циклах и их современное звучание при изучении процессов, происходящих в климатической Системе и в обществе // «Академия Трипитаризма». – М.: Эл. №77-6567. публ. 10464, 10.06.2003. <http://www.Trinitas.ru/rus/doc/0203/001a/02030016.htm>. (-7с).
22. Вакулюк П.Г., Самоплавський В.І. Лісовідновлення та лісорозведення в рівнинних районах України. – Фастів: Поліфаст, 1998. 507 с.
23. Вакулюк П.Г. Нариси з історії лісів України. – Фастів: Поліфаст, 2000. 624 с.

24. Вальтер Г. Растительность земного шара. Эколого-физиологическая характеристика. Т.2 Леса умеренной зоны. М., 1974, 423 с., с. 7-8.
25. Вернадский В.И. Биосфера. – М.: Наука, 1967. 376 с.
26. Вернадский В. И. Биосфера и ноосфера. – М.: Наука, 1989. 263 с.
27. Винер К. Кибернетика и общество. – М.: ИЛ, 1958. 200 с.
28. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. – М., 1957. 238 с.
29. Виноградов Б.В., Орлов В.П., Снакин В.В. Биологические критерии выделения зон экологического бедствия России // Известия РАН. Сер. географическая, № 5. 1993. С. 77-89.
30. Высоцкий Г.Н. Защитное лесоразведение. К.: Наук. думка, 1983. 208 с.
31. Воробейчик Е.Л., Садыков О.Ф., Фарафонов М.Г. Экологическое нормирование техногенных загрязнений. – Екатеринбург: Наука, 1994. – 280 с.
32. Воробейчик Е.Л. Реакция почвенной биоты лесных экосистем Среднего Урала на выбросы медепла- вильных комбинатов: автореф. дисс. ... к.б.н. – Екатеринбург, 1995. – 24 с.
33. Гавриков В.Л. Моделирование роста деревьев и древостоев в контексте углеродного цикла 03.02.08 – Экология диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук. – Красноярск – 2016. 493 с. Стр. 71-91.
34. Генсирук С.А., Фурдичко О.І., Бондар В.С. Історія лісівництва в Україні, т.2, Львів, 1995. 107 с.
35. Гладун Г.Б. Агролісомеліорація в Україні: на шляху від гіпотези до доктрини // Лісівництво і агролісомеліорація. – 2000. – Вип. 97. – С. 3-9.
36. Гладун Г.Б. Значення захисних лісових насаджень для забезпечення сталого розвитку агроландшафтів // Науковий вісник УкрДЛТУ. – 2005. – Вип. 15. – С. 113-118.
37. Гладун Г.Б., Трофименко М.Є., Лохматов М.А. Захисні лісові насадження: проектування, вирощування, впорядкування/ За ред. Г.Б. Гладуна – Харків: Нове слово, 2005. – 390 с.

- 38.Гладун Г.Б., Гладун Ю.Г. Захист автомобільних доріг лісовими насадженнями лінійного типу та їхні прогнози обсяги Лісівництво і агрономеліорація Харків: УкрНДІЛГ, 2013. – Вип.123, с. 103 – 113.
- 39.Голиков А.П. Международные интермодальные транспортные системы: место и роль в них Украины // Проблемы экономики и управления на железнодорожном транспорте: III международная научно-практическая конференция, 23-27 июня 2008 г.: материалы. – Судак, 2008. – С. 364 – 366.
- 40.Голубев В.Н. Принципы построения и содержания линейной системы жизненных форм покрытосеменных растений. Бюлл. МОИП, отд. Биологии, 1972. 77 (6): 72-80.
- 41.Глузунов Г.П., Гендугов В.М. Экологическая оценка состояния и нормирование качества почв и земель: биокинетический подход// Экологическое нормирование и управление качеством почв и земель / Под общ. ред. С.А. Шобы, А.С. Яковлева, Н.Г. Рыбальского. – М.: НИА-Природа, 2013. 310 с., С. 39-60.
- 42.Глушков В.М. Кібернетика // Енциклопедія кібернетики. Т.1. – К.: Голов, ред. УРЕ, 1973. – С. 473-479.
- 43.Голубець М.А., Чорнобай Ю.М. Консорція як елементарна екологічна система // Укр. ботан. журн. 1983. Т. 40. С. 23–28.
- 44.Голубець М.А. Урбаністичні утвори як компоненти біогеоценотичного покриву // Антропогенні зміни біогеоценотичного покриву в Карпатському регіоні. – К.: Наук, думка, 1994. – С. 22-34.
- 45.Голубець М.А. Екосистемологія. – Львів: Поллі, 2000. 316 с.
- 46.Голубець М.А. Біотична різноманітність і наукові підходи до її збереження. Львів: Ліга–Прес, 2003. 31 с.
- 47.Голубець М.А. Середовищезнавство – перспективний розділ науки // Вісн. НАН України. – 2007. – № 8. – С. 3-13.
- 48.Горейко В.А. Теория и практика защитного лесоразведения в условиях Степного Приднепровья. – Дніпропетр.: Пороги, 1996. – С. 165-187.

49. Горелов А.А., Сельвестренко В.В. Методы моделирования оптимизации биосферы // Методологические аспекты исследования биосферы. – М.: Наука, 1975. – С. 244-259.
50. Грицан Н.П., Шпак Н.В., Шматков Г.Г., Шапарь А.Г. Экологические основы природопользования. / Под. ред. Н.П. Грицан. Днепропетровск: ИППЭ НАН Украины. 1998. 409 с.
51. Гродзинський М.Д. Пізнання ландшафту: місце і простір: монографія. Київ.:Київський університет, 2005. – Т.2. – 503с.
52. ГСТУ 32.001-94. Выбросы загрязняющих веществ с отработавшими газами тепловозных дизелей. Нормы и методы определения. – К.: Министерство транспорта Украины, 1994. – 12 с.
53. Гузий А.Н. Орнитологические комплексы лесных экосистем Украинских Карпат, их экология, практическое значение и охрана: Автореф. дис. канд. биол. наук. Воронеж, 1992. 27 с.
54. Гурнак В.М., Ананченко О.О., Гурнак М.В. Транспортно-дорожній комплекс України на сучасному етапі. (Стан. Проблеми. Перспективи) // Залізничний транспорт. – 2006. – № 4. – С. 14-16.
55. Даждо Р. Основы экологии. – М.: Прогресс, 1975. 415 с.
56. Дегтярьов В.В. Вміст колоїдних форм гумусу в цілих і орних чорноземах // Вісник ХНАУ. – 2006. – № 6. – С. 55–62.
57. Дем'янчук П.М. До питання класифікації геоекотонів // Наукові записки ВДПУ. Серія: Географія. – 2002. Вип.-3. – С. 21-27.
58. Дем'янчук П.М. Дослідження географічних геоекотонів як еколого-географічна й загально-географічна проблема // Наукові записки Тернопільського національного університету ім. В. Гнатюка. Серія: Географія. – 2011. – №1. – С. 16-21.
59. Денисик Г.І. Антропогенні ландшафти Правобережної України. Вінниця: Арбат, 1998. – 292 с.

60. Денисик Г.І. «Згустки життя» – передгірські ландшафтні екотони // Науковий вісник Чернівецького університету – Чернівці: Чернівецький національний університет, 2012.—Вип. 612-613: Географія. – с. 33-35.
61. Дейлі Г. Поза зростанням. Економічна теорія сталого розвитку. – К.: Інтелсфера, 2002. 246 с.
62. Дидух Я.П. Проблемы активности видов растений. Ботан. журн., 1982. 67 (7): 925-935.
63. Дидух Я.П., Каркуцієв Г.М. Оцінка зволоженості екотопів. Укр. ботан. журн., 1994., 51 (5): 64-75.
64. Діковська І. Види міжнародних перевеє зень: нормативний і доктринальний підходи / Вісник Київськ. нац. ун-ту ім. Тараса Шевченка. Сер. Юридичні науки. – 2011. – Вип. 88. – С. 54-57.
65. Дилигенский Н.В., Дымова Л.Г., Севастьянов П.В. Нечеткое моделирование и многокритериальная оптимизация производственных систем в условиях неопределенности: технология, экономика, экология. – М.: Машиностроение, 2004. – 397 с.
66. Дьлис Н.В. О структуре консорций // Журн. общ. биол. 1973. Т. 34. С. 575-580.
67. Довбиш Л.Л. Забруднення важкими металами дерново-підзолистих ґрунтів лісоаграрних ландшафтів Полісся: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук / Л.Л. Довбиш. – Житомир, 2002. – 19 с.
68. Дубовіч І.А., Руда М.В. Сучасні еколого-економічні проблеми транспортування небезпечних вантажів Львівською залізницею // Науковий вісник: Збірник науково-технічних праць. – Львів: РВВ НЛТУ України. – 2012. – Вип. 22.9. – С. 66-71.
69. Жигарев И.А. Закономерности рекреационных нарушений фитоценозов // Успехи совр. биологии. – 1993. – Т. 113. – Вып. 5.– С. 564–575.
70. Элер Ч.Н. Системы управления качеством окружающей среды в региональном масштабе // Труды II Советско-американского симпозиума «Всесторонний анализ окружающей природной среды». Л.: Гидрометеиздат, 1976. – С. 277.

71. Экосистемы в критических состояниях / под ред. Ю.Г. Пузаченко. – М.: Наука, 1989. – 155 с.
72. Емельянов И.Г. Разнообразие и его роль в функциональной устойчивости и эволюции экосистем. К.: Б.и., 1999. 168 с.
73. Закон України «Про землеустрій» від 22.05.2003 р. №858-IV // Відомості Верховної Ради України. – 2003. – №36. – Ст. 282.
74. Закон України «Про охорону земель» від 19.06.2003 р. № 962-IV // Відомості Верховної Ради України. – 2003. – №39. – Ст. 349.
75. Защитное лесоразведение в СССР (под ред. Е.С. Павловского). - М., Агропромиздат, 1986. 264 с.
76. Защитные свойства лесонасаждений // Труды ЦНИИ МПС. – М.: Изд-во «Транспорт». – 1969. – Вып. 377. 143 с.
77. Земельное право / [отв. ред. проф. Аксенюк Г. А.] – М.: Юрид. лит, 1972. – 232 с.
78. Земельный кодекс Украины від 25 жовтня 2001 р. // Відомості Верховної Ради України. – 2002. – № 3–4. – Ст. 27.
79. Земельный кодекс Украины : Комментарий. – Х. : Одиссей, 2003. – 608 с. – С. 468.
80. Земельне право України: підручник / За ред. О.О. Погрібного та І.І. Каракаша. – Вид. 2, перероб. і доп. – К.: Істина, 2009. – 600 с. – С. 160.
81. Зубков А.Ф. Биogeоценотические объект-элементы и подходы к их изучению // Экология. 1996. Т. 2. С. 89-95.
82. Іваницький Б. Ліси й лісове господарство на Україні. Т 1. – Варшава, 1939. – 194 с. – (Пр./ Укр. наук. ін-ту; Т. 27. Сер. економічна; кн. 11).
83. Іванько І.А. Роль световой структуры лесных сообществ в степи в формировании и продуктивности травяного покрова. Екологія та ноосферологія, 1999. 6 (1-2): 84-91.
84. Івашов А.В. Популяционные системы и их атрибуты // Журн. общ. биол. 1987. Т. 48. С. 614–626.
85. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. – М.: Гидрометеиздат, 1984. – 360 с.
86. Інструкція по снігоборотьбі на залізницях України. – К.: Міністерство транспорту України, 1998. 66 с.

87. Каганяк Ю.Й. Короткотермінове прогнозування таксаційних показників соснового деревостану // Науковий вісник: Зб. наук.-техн. праць. – Львів: УкрДЛТУ. – 2005. – Вип. 15.2. – С. 29-35.
88. Калинин М.И. Формирование корневой системы деревьев. М.: Лесн. пром-сть, 1983. 152 с.
89. Калинин М.И. Корневедение. М.: Экология, 1991. 174 с.
90. Калінін М.І. Лісові культури і захисне лісорозведення. – Львів: Світ, 1994. 295 с.
91. Карманова И.В. Математические методы изучения роста и продуктивности растений. М., Наука, 1976, 223 с., С.5.
92. Карты та схеми залізниць України. URL: <http://railway.lviv.ua/info/maps/>
93. Кацман М.Д., Адаменко М.І. Аналіз впливу на екологічний стан довкілля основних властивостей небезпечних вантажів, що перевозяться залізничним транспортом / Системи обробки інформації, вип. 5(103). – Х.: ХУПС, 2012. – С .158-164.
94. Киреев Д.М. Лесное ландшафтоведение: текст лекций – СПб. СПбГЛТУ, 2012. 328 с.
95. Количественные методы в экологии и гидробиологии / под ред. Розенберга Г.С. – Тольятти: ИЭВБ, 2005.– 404 с.
96. Колобов А.Н. Моделирование процессов конкуренции за свет в смешанных разновозрастных древостоях // Вестник Томского государственного университета.— 2011.— № 351.
97. Колобов А.Н., Фрисман Е.Я. Моделирование процесса конкуренции за свет в разновозрастных древостоях // Известия РАН. Серия биологическая. 2013. № 4. С. 463–473. Переводная версия: Kolobov A.N., Frisman E.Y. Simulation of the competition for light in forest stands of the same age // Biology Bulletin. 2013. Vol. 40. № 4. pp. 394-403.
98. Колобов А.Н. Моделирование пространственно-временной динамики древесных сообществ: индивидуально-ориентированный подход // Лесоведение. 2014. № 5. с. 72–82.

99. Колобов А.Н., Фрисман Е.Я. Имитационное моделирование процессов самоизреживания в одновозрастных однопородных древостоях // Математическая биология и биоинформатика. 2016. Т. 11. № 2. с. 323-335.
100. Конвенция о международных железнодорожных перевозках (КОТИФ) Приложение С – Регламент о международной железнодорожной перевозке опасных грузов (РИД). Редакция від 1 січня 2015 року – К.; Товариство з обмеженою відповідальністю «Науково-технічне транспортне підприємство «Райдо», 2015. 1170 с.
101. Копитко У. Консорти *Astrantia major* L. в Чорногорі (Українські Карпати) // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. 2009. Вип. 51. С. 89-92.
102. Корабльова А.І., Шапар А.Г., Гербільський Л.В. Ліс. Біосфера. Людина. – Дніпропетровськ: Січ, 1998. – 93 с.
103. Короткий довідник по лісовому фонду України (за матеріалами чергового державного обліку лісів України станом на 01.01.02) / Державний комітет лісового господарства України. – К., 2003. – 112 с.
104. Корчагин А.А. Видовой (флористический) состав растительных сообществ и методы его изучения // Полевая геоботаника / Под общ. ред. Е. М. Лавренко и А. А. Корчагина. – Т. III. – М.-Л.: Наука, Ленинградское отд., 1964. – С. 39 – 59.
105. Крылов В.К. Охрана окружающей среды на транспорте: учеб. пособие. – М.: РГОТУПС, 2001. 200 с.
106. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. – М.: Минприроды России, 1992.
107. Крицька Л.І. Аналіз флори степів та вапнякових відслонень Правобережного Злакового Степу. Укр. ботан. журн., 1985. (5): 1-5.
108. Кулагин Ю.З. Лесообразующие виды, техногенез, прогнозирование.– М.: Наука, 1980.–116 с.
109. Куль К., Куль О. Динамическое моделирование роста деревьев. Таллинн: Валгус. 1989. 231 с.

110. Кульчицкий С.К. Истории возникновения железнодорожного транспорта на Украине / С. Кульчицкий // Экономика Советской Украины.– 1963.–№ 2.– С.102-107.
111. Курец В.К., Попов Э.Г. Статистическое моделирование системы связей растение – среда. – Л.: Наука, 1991. – 152 с.
112. Кучерявий В.А. Зеленая зона города. К.: Наук. думка, 1981. – 248 с.
113. Кучерявий В. П. Урбоекологія / Кучерявий В.П. – Львів: Світ, 1999. 360 с.
114. Кучерявий В.П. Фітомеліорація / Кучерявий В.П. – Львів: Світ, 2003. – 540 с.: іл.
115. Кучерявий В.П. Озеленення населених місць: підруч. Львів: Світ, 2005. 456 с.
116. Куценко С.А. Основы токсикологии // Росс. биомед. журнал Medline.ru. Т. 4. Март, 2003. – 119 с.
117. Кушинська М. Консортивна структура представників роду *Gentiana* L. у високогір'ї Українських Карпат // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. 2010. Вип. 52. С. 117–125.
118. Лавренко Е.М., Дылис Н.В. Успехи и очередные задачи в изучении биогеоценозов суши в СССР // Ботан. журн. 1968. Т. 53. С. 155-167.
119. Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высшая школа, 1973. 348 с.
120. Лаптев А.А. Охрана и оптимизация окружающей среды методом ландшафтной архитектуры и фитомелиорации. М.: НТО коммунального хозяйства и бытового обслуживания, 1985. 50 с.
121. Лархер В. Экология растений. – М.: Мир, 1978. 384 с.
122. Лебедевич С.І. Теоретико-методологічні засади формування галузевої системи екологічного менеджменту підприємств: монографія. – Львів: Ліга-Прес, 2008. – 340 с.
123. Левич А.П. Биотическая концепция контроля природной среды // Докл. РАН. 1994. 337. – № 2. – С. 280–282.
124. Левич А.П., Булгаков Н.Г., Максимов В.Н. Теоретические и методические основы технологии регионального контроля природной

- среды по данным экологического мониторинга. – М.: НИИ-Природа, 2004. – 271 с.
125. Лісові ділянки вздовж залізничних і автомобільних доріг та у смугах їх відведення захисні. Норми виділення: ДСТУ 7173:2010. – [Чинний від 2010-10-11]. – К.: Держспоживстандарт України, 2011. – 10 с.
126. Лісовий кодекс України: Із змінами та доповненнями станом на 1 січня 2016 року / Упорядники А. П. Гетьман, М. В. Шульга. – Х.: Право, 2016. 105 с.
127. Лісові меліорації: Підручник / О. І. Пилипенко, В. Ю. Юхновський, С. М. Дударець, В. М. Малюга / За ред. В. Ю. Юхновського. – К.: Аграрна освіта, 2010. 282 с.
128. Логгінов Б.Й. Полезахисне лісонасадження. – К.; Х., 1949. – С. 78-79.
129. Логгінов В.Б. Концепція біогеноценотичних геохімічних бар'єрів // Вісник ЖДТУ. – 2009. – № 1 (48). – С. 214–220.
130. Лукиша В.В. Мелиоративная роль узких водорегулирующих лесных полос // Лесоведение. – 1978. – № 6. – С. 42–48.
131. Лук'янчук Н.Г., Руда М.В. Еколого-географічний аналіз залізничного транспорту Львівської області // Науковий вісник НЛТУУ: Збірник науково-технічних праць: «Урбанізаційні процеси в гірських ландшафтах і шляхи їх регулювання». – Львів: РВВ НЛТУ України. – 2011, вип. 21.16. – С.284-288.
132. Лук'янчук Н.Г., Руда М.В. Радіаційна безпека та протирадіаційні заходи у зоні відведення залізниці // Збірник статей учасників VII Всеукраїнської науково-практичної конференції: «Охорона навколишнього середовища промислових регіонів, як умова сталого розвитку України». Запоріжжя: Видавництво, 2012. – С. 235-236.
133. Лук'янчук Н.Г., Руда М.В., Сомар Г.В. Роль лісових насаджень на шляхах залізничного транспорту як аспект екологічної безпеки // Матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції «Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства» – Львів: ЛДУ БЖД, 2012. – С. 124-127.

134. Лук'янчук Н.Г., Руда М.В. Экологические исследования защитных лесонасаждений Львовской железной дороги // Материалы международной конференции «Современные проблемы лесного хозяйства и лесостроительства»: ноябрь 2012 г. Новости Международного центра лесного хозяйства и лесной промышленности Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета / за ред. М.А.Чубинского – Том 1, номер 15. – С. 154-157. – ISBN 978-5-9239-0518-2.
135. Лук'янчук Н.Г., Руда М.В. Аналіз результатів дослідження стану та функціонування захисних лісонасаджень вздовж залізниці // Науковий вісник: Збірник науково-технічних праць. – Львів: РВВ НЛТУ України. – 2013. – Вип. 23.11. – С. 110-117.
136. Лук'янчук Н.Г., Руда М.В., Паславський М.М. Повышение устойчивости к неблагоприятным абиотическим факторам среды лесозащитных насаждений Львовской железной дороги // Современное состояние и перспективы охраны и защиты лесов в системе устойчивого развития, 9-11 октября 2013 года: материалы международной научно-практической конференции – Институт леса НАН Беларуси, 2013 г. – С. 240-245. – ISBN 978-985-6768-26-5.
137. Лук'янчук Н.Г., Руда М.В. Эколого-экономические аспекты использования альтернативных источников энергии в энергоснабжении // Альтернативные источники сырья и топлива: сб. науч.тр. / Нац. акад. наук. Беларуси, Ин-т химии и топлива материалов; науч. ред. В.Е. Агабеков, К.Л. Гусаков, Ж.В. Игнатович. – Минск: Беларуская навука, 2014. – Вып. 1. – С. 270-279. – ISBN 978-985-08-1728-0.
138. Лук'янчук Н.Г., Руда М.В. Реализация концепции консорциума экотонного типа в обеспечении устойчивого развития на путях железнодорожного транспорта // Сборник материалов III Молодежного Экологического Форума [Электронный ресурс – режим доступа <http://science.kuzstu.ru/event/event-reports/forum/>] / Под ред.: Т.В.

- Галанина, М.И. Баумгартон – Кемерово: КузГТУ, 2015. – ISBN 978-5-906805-20-1.
139. Мазинг В.В. Консорции как элементы функциональной структуры биогеоценозов // Труды МОИП. 1966. Т. 27. С. 117-126.
140. Мазинг В.В. Проблемы изучения консорций. Значение консортивных связей в организации биогеоценозов // Уч. зап. Перм. пед. ин-та. 1976. Вып. 150. С. 18–27.
141. Макаров О.А. Экологическое нормирование катва окружающей среды и почв // Экологическое нормирование и управление качеством почв и земель / Под общ. ред. С.А. Шобы, А.С. Яковлева, Н.Г. Рыбальского. – М.: НИА-Природа, 2013. – С. 82-92.
142. Максименко Н.В., Заїченко Я.С. Агроєкологічне значення тривалого існування системи лісосмуг // Наук.праці Уманського ун-ту садівництва. – 2009. – Вип. 71. – С. 229-236.
143. Мартынюк А.А. Сосновые экосистемы в условиях аэротехногенного загрязнения.–М.: ВНИИЛМ, 2004 – 160 с.
144. Маслов Н.Н., Коробов Ю.И. Охрана окружающей среды на железнодорожном транспорте: учеб. для вузов. М.: Транспорт, 1996. – 238с.
145. Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л., Рэндерс Й., Беренс В.В. Пределы роста. – М.: МГУ, 1991. – 207 с.
146. Мелехов И.С. Лесоводство. М.: Агропромиздат, 1989. 302 с.
147. Методичні вказівки щодо устрою, створення, відновлення та поточного утримання захисних насаджень на землях залізниць України / А.С. Бедрицький, М.М. Гузь, М.Д. Костюк, М.О. Плахтій, В.М. Гузь, Л.А. Бедрицька, Н.І. Попова. – К. : Вид-во «Транспорт України», 2003. 264 с.
148. Мирончук К.В. Особливості просторової структури простих живоplotів // Науковий вісник НЛТУ України: зб. наук.-техн. праць. – Львів: РВВ НЛТУ України. – 2016. – Вип. 26.4. – С. 117-124.
149. Мирцхулава Ц.Е. Количественная оценка предельно допустимых нагрузок на ландшафт // Известия АН. Серия географическая. – №3. – 2001. – С. 68–74.

150. Мікроелементи в сільському господарстві / С.Ю. Булигін та ін. – 3-тє вид., [перероб. та доп.]. – Д.: Січ, 2007. – С. 18-19.
151. Миркин Б.М., Наумова Л.Г., Саломещ Ф.Н. Современная наука о растительности.– М.: Логос, 2002.– 264 с.
152. Мірошниченко А.М. Нормування як засіб правового регулювання земельних відносин: Автореф. дис. ... канд. юрид. наук : спец. 12.00.06 / Київ. нац. ун-т. – К., 2004. – 20 с. – С. 4.
153. Мозолевская Е.Г. Информационное обеспечение урбомониторинга // Мониторинг состояния лесных и городских экосистем. – М.: МГУЛ, 2004. – С. 108–123.
154. Моніторинг природних комплексів / С.І. Кукурудза, Н.О. Гумницька, М.С. Нижник та ін. – Львів: Ред-вид. Відд. Львів: ун-ту, 1995. 144 с.
155. Морозов Г.Ф. Учение о лесе. Л. – М.: Госиздат, 1925. 360 с.
156. Морозов Г.Ф. Учение о типах насаждений / под ред. В.В. Гуманна. М.; Л.: Сельхозгиз, 1930. 412 с.
157. Мусієнко М.М. Серебряков В.В., Брайон О.В. Екологія. Охорона природи: словник-довідник. К.: Т-во «Знання» КОО, 2002. – 550 с.
158. Науково-практичний коментар Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища», прийнятого 25.06.91. № 1264-ХІІ зі змінами і доповненнями, станом на 09.02.06. / За загальн. ред. О.М. Шуміла. – Х.: «Фактор», 2006. – 592 с. ISBN 966-312-460-1
159. Нерешенные проблемы Москвы и Подмосковья. // Материалы научно-практической конференции М.: Медиа-ПРЕСС, 2012.–400 с.
160. Николаевский В.С. Биологические основы газоустойчивости растений. – Новосибирск: Наука, 1979. – 278 с
161. Обшта А.Ф., Сорока І.Й., Руда М.В. Антропогенна трансформація властивостей екотонів захисного типу на шляхах залізничного транспорту // Вимірювальна техніка та метрологія. – 2016. – Вип. 77. – С. 165-177.
162. Обшта А.Ф., Руда М.В., Сорока І.Й. Modeling of Cyber Physical Systems for Quality Monitoring of Protective Consortive Ecotones // Innovation in the development of socio-economic systems: microeconomic,

- macroeconomic and mesoeconomic levels. – Collective monograph. – Vol. 3. Kaunas, Lithuania: «Izdevnieciba «Baltija Publishing», 2016. 348 p.
163. Обшта А.Ф., Руда М.В., Сорока І.Й. Моделювання системи менеджменту функціонування консорцій екотонів захисного типу на шляхах залізничного транспорту // Управління якістю в освіті та промисловості: досвід, проблеми та перспективи: тези доповідей III Міжнародної науково-практичної конференції пам'яті професора Петра Столярчука, 11–12 травня 2017 року / відп. за вип. М. М. Микийчук. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2017. – С. 113-115 (240 с). ISBN 978-966-941-044-3.
164. Одум Ю. Экология. В двух томах. – М.: Мир, 1986. – Т. 1 – 328 с. Т. 2. – 376 с.
165. Оліферчук В.П., Лук'янчук Н.Г., Руда М.В. та ін. Вивчення ефективності впливу мікоризоутворюючих грибів при вирощуванні сіянців бука лісового // Букові праліси та давні букові ліси Європи: проблеми збереження та сталого використання. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. – Ужгород: КП «Ужгородська міська друкарня», 2013 р. – С. 252-255.
166. Ониськів О.М. Правовий режим земель смуг відведення залізниць в Україні: дис. ... канд. юрид. наук : спец. 12.00.06 / О. М. Ониськів. – К., 2011. – 196 с. – С. 73.
167. Онищенко Ю.В., Плахотник Н.В., Яришкіна Л.А. Экологическая ситуация на Приднепровской железной дороге // Залізничний транспорт України. – 2003. – №6 – С. 36-38.
168. Осадчук В.С., Осадчук О.В., Ільченко О.М. Мікроелектронний частотний сенсор оптичного вимірювання для моніторингу довкілля // II-й всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю / Збірн. наук, статей. – Вінниця, 23-26 вересня 2009. – С. 317-320.
169. Основні вимоги до стану смуг відведення та захисних лісонасаджень залізниць. – К. : Міністерство транспорту України, 1997. – 12 с.

170. Остапенко Б.Ф., Телешек Ю.К., Пастернак В.П. Посібник з оптимізації лісомеліоративного комплексу в агроландшафтах Лівобережного лісостепу України. Х: ХДАУ, 1995. – 78 с.
171. Офіційний веб-сайт Укрзалізниці. URL: <http://www.uz.gov.ua>.
172. Павловский Е.С. Ландшафтно-экологическая основа организации природопользования // Лісівнича наука та освіта: стан та перспективи розвитку. Матеріали Міжнародної ювілейної науково-практичної конференції присвяченої 155-річчю лісогосподарського факультету і 70-річчю Боярської лісової дослідної станції, 17 – 20 жовтня 1995 року. – К.: СП «Різо-Принт», 1997. – С. 202 – 204.
173. Паславський М.М., Руда М.В. Мікоризація лісопосадкового матеріалу захисних лісонасаджень залізниці // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні тенденції розвитку сільськогосподарської науки». – Львів: «Львівська аграрна фундація», 2012 р. – С. 77-80.
174. Паславський М.М., Руда М.В. Покращення водоохоронних функцій захисних лісонасаджень за допомогою мікоризованого посадкового матеріалу (на прикладі Львівської залізниці) // Матеріали Одинадцятої Міжнародної науково-практичної конференції: збірник наукових статей «Ресурси природних вод Карпатського регіону/Проблеми охорони та раціонального використання». – Львів: ЛьДЦНП, 2012, – С. 236-240.
175. Паславський М.М., Руда М.В. Закономірності розподілу есенціальних хімічних елементів у мезоекосистемі Дністровського Передкарпаття // Науковий вісник: Збірник науково-технічних праць. – Львів: РВВ НЛТУ України. – 2014. – Вип. 24.8. – С. 131-135. – ISBN 5-7763-2435-1.
176. Паславський М.М., Руда М.В. До питання енвіронів торфовищ мезоекосистем захисного типу Дністровського Передкарпаття // Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування. Матеріали Другої міжнародної науково-практичної конференції (5-8 жовтня 2015

- р., м. Трускавець). Державна комісія України по запасах корисних копалин (ДКЗ). – К.: ДКЗ, 2015. – с. 352-357. (466 с.).
177. Паславський М., Руда М., Половинко І., Рихлюк С. Енвірон-модель у забезпеченні екологічної безпеки перезвожених ландшафтних комплексів мезоекосистеми Дністровського Передкарпаття // Фізичні методи в екології, біології та медицині: Матеріали VI конференції (Львів-Ворохта, Україна, 17-18 вересня 2015). Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. Ів.Франка – С. 81-83 (118с.).
178. Пащенко Ю.Є. Транспортно-дорожній комплекс України в процесах міжнародної інтеграції: монографія – Ніжин: ТОВ Видавництво «Аспект-поліграф», 2008 – 192 с.
179. Перша колія: до 150-річчя Львівської залізниці / Ю.С. Томін, Ю.О. Романишин, Р.Ф. Коритко, І.М. Паращак. – Львів: ЗУКЦ, 2011. 496 с.
180. Петров В.В. Лес и его жизнь: Книга для учащихся. М.: Просвещение, 1986. – 195 с.
181. Пилипенко О.І., Юхновський В.Ю., Ведмідь М.М. Система захисту ґрунтів від ерозії. К.: Златояр, 2004. 435 с.
182. Пых Ю.А., Малкина-Пых И.Г. Об оценке состояния окружающей среды. 2. Метод функций отклика // Экология, 1997. № 3. – С. 168-174.
183. Пічкур Т.В., Фоміна М.В. Природоохоронні аспекти реформування залізничного транспорту // Материалы Третьей Международной научно-практической конференции «Проблемы экономики и управления на железнодорожном транспорте» ЭКУЖТ 2008, 23-27 июня 2008 года, г. Судак. – К.: ДЕДУТ, 2008. – С. 18-20.
184. Плахотник В.М., Лахнова Ю.В. Взаємодія об'єктів залізничного транспорту з навколишнім середовищем // Екологія і природокористування. Збірник наукових праць. / Редкол.: А.Г.Шапар (голов. ред.) та ін. – Дніпропетровськ, 2002. Випуск 4. – С. 163-169.
185. Погребняк П.С. Основы лесной типологии. Изд. 2-е. Киев: Изд-во АН УССР, 1955. 456 с.
186. Погребняк П.С. Общее лесоводство. М.: Колос, 1968. 440 с.

187. Полетаев И.А. Проблемы кибернетики. М.: Наука. 1966. Т. 16. С. 171-190.
188. Полякова Г.А., Малышева Т.В. Индикация антропогенных (главным образом рекреационных) изменений сосняков Подмосковья // Биоиндикация состояния окружающей среды Москвы и Подмосковья. – М.: Наука, 1982. – С. 66–72.
189. Пономаренко А.Л. Изменение характера консортивных связей в дубравах Приднепровья под воздействием техногенного пресса // Заповідна справа в Україні. 1997. Т. 3. Вип. 2. С. 95–97.
190. Природоохоронна діяльність на залізничному транспорті України: проблеми та рішення / Плахотник В.М., Яришкіна Л.А., Сираков В.І., Таньшина В.Т., Савіна Т.Л., Бойченко О.М. / Под ред. Кірпи Г.М. – К.: Транспорт України, 2001. – 244 с.: Ил. – ISBN 5-7705-0161-8.
191. Про Генеральну схему планування території України: Закон України від 7 лютого 2002 р. № 3059-III // Відомості Верховної Ради України. – 2002. – № 30. – Ст. 204.
192. Про державне прогнозування та розроблення програм економічного і соціального розвитку України: Закон України від 23 берез. 2000 р. № 1602-III // Відомості Верховної Ради. – 2000. – № 25. – Ст. 195.
193. Пугачев В.С. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 496 с.
194. Работнов Т.А. Некоторые вопросы изучения консорций // Журн. общ. биол. 1973. Т. 34. № 3. С. 407-416.
195. Работнов Т.А. О биогеоценозах // Бюл. МОИП. Отд. биол., 1976. Т. 81. Вып. 2. С. 82-90.
196. Разумовский С.М. Закономерности динамики биогеоценозов.– М.: Наука, 1981.– 224 с.
197. Раменский Л.Г. О некоторых принципиальных положениях современной геоботаники // Ботан. журн. 1952. С. 181–201.
198. Рибіна О.І. Організаційно-економічне забезпечення екологічно сталого розвитку залізничного транспорту: дис. на здобуття наук. ступ. к.е.н.: 08.00.06 / Рибіна Олена Іванівна – Суми, 2014. – 253 с.

199. Родин Л.Е., Ремезов Н.П., Базилевич Н.И. Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах. – Л.: Наука, Ленинградское отд., 1968. 145 с.
200. Рожнова Т.А. О методике полевого изучения почв при геоботанических исследованиях // Полевая геоботаника / Под общ. ред. Е.М. Лавренко и А.А. Корчагина. – Т.1. – М.-Л.: Наука, Ленинградское отд., 1959. – С. 227 – 241.
201. Росс Ю.К. Радиационный режим и архитектура растительного покрова. Ленинград.: Гидрометеиздат. 1975. 327 с.
202. Рош Ф. Предисловие // Программа действий. Повестка дня на 21 век и другие документы конференции в Рио-де-Жанейро в популярном изложении. – Женева: Центр за наше будущее. – 1993. – V-X+70с.
203. Рубцов Л.И. Деревья и кустарники в ландшафтной архитектуре. К.: Наук. думка, 1977. 272 с.
204. Руда М.В. Визначення рівня забруднення баласту залізничної колії та екологічні інновації на залізниці // Матеріали I міжнародного конгресу «Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування» Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2009 – С. 140-141. – ISBN 978-966-553-789-2.
205. Руда М.В., Оліферчук В.П., Мокрий В.І. Мікоризація лісопосадкового матеріалу для фітооптимізації техногенних ландшафтів // Матеріали другої міжнародної науково-практичної конференції «Захист навколишнього середовища. Збалансоване природокористування». – Львів: Західно-український консалтинг центр, 2009 – С. 79-80.
206. Руда М.В., Риндик М.Г. та ін. Застосування математичних моделей флуоресцентних параметрів для моніторингу вуглецевого балансу лісових екосистем // Матеріали Третьої міжнародної студентської науково-практичної конференції «Захист навколишнього середовища. Збалансоване природокористування». – Львів, 2010 – С. 69-71.
207. Руда М.В., Леськів О.О., Риндик М.Г. та ін. Математичне моделювання флуоресцентних параметрів моніторингу вуглецевого балансу

- в лісових екосистемах // Збірник тез всеукраїнської науково-практичної конференції студентів та аспірантів та 62-га студентська науково-технічна конференція НЛТУ України. – Львів: 2010 р. – С. 160 – 162.
208. Руда М.В., Лук'янчук Н.Г. Оцінка екологічного стану ґрунтів залізничного полотна та рекомендації щодо його покращення // Збірник тез II Міжнародної наукової конференції «Екологія – шляхи гармонізації відносин природи та суспільства». – Умань, 2010 – С. 54–56.
209. Руда М.В. Фітомеліоративна роль захисних лісонасаджень Львівської залізниці // Матеріали П'ятої міжнародної студентської науково-практичної конференції «Захист навколишнього середовища. Збалансоване природокористування». – Львів: 2011. – С.104-106.
210. Руда М.В., Лук'янчук Н.Г. Екологічні дослідження ґрунту в зоні захисних лісонасаджень залізниці // Матеріали Четвертої студентської науково-практичної конференції «Захист навколишнього середовища. Збалансоване природокористування». – Львів: «ЗУКЦ», 2011. – С.79-81.
211. Руда М.В. Характер формування структури захисних лісонасаджень вздовж залізничних шляхів // Збірник тез 64-ої науково-технічної конференції студентів, аспірантів НЛТУ України, студентів коледжів та слухачів Малої лісової академії. – Львів: Видавництво РВВ НЛТУ України 2012 р. – С. 52-54.
212. Руда М.В. Снігозахисні функції лісових насаджень вздовж залізниці // Формування нового світогляду як основа стратегії сталого розвитку, 14-16 березня 2013 року: I Міжнародна. Міждисциплінарна науково-практична конференція: матеріали конференції – Львів: 2013 р. – С. 24-26.
213. Руда М.В., Лук'янчук Н.Г. Зниження шумового впливу залізничного транспорту за допомогою лісонасаджень // Праці Наукового товариства ім. Шевченка. Екологічний збірник «Сучасні проблеми дослідження та збереження біорізноманіття». – 2014 – Том XXXIX – С. 294-299 – ISSN 1563-3950.
214. Руда М.В. Оценка экологической безопасности и учет экологотехногенных рисков на путях железнодорожного транспорта Львовской

- железной дороги // Экология и безопасность жизнедеятельности: сборник статей XIV международной научно-практической конференции – МНИЦ ПГСХА. – Пенза: РИО ПГХА, 2014 г. – С. 110-114.
215. Руда М.В. Техногенно-екологічне обґрунтування екосистемного принципу моніторингу консорцій екотонів захисного типу на шляхах залізничного транспорту // Прикладні аспекти техногенно-екологічної безпеки: збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції / Національний університет цивільного захисту України. – Х: НУЦЗУ, 2015 – С. – 231-233 (276 с.).
216. Руда М.В. Экосистемный принцип мониторинга и контроля качества консорции экотонов защитного типа (на примере Львовской железной дороги) // Сборник научных трудов молодых ученых, аспирантов, студентов и преподавателей по результатам проведения Шестого молодежного Конгресса «Северная Пальмира», 3-4 декабря 2014 г., Санкт-Петербург. – СПб НИЦЭБРАН, 2015 г. – С. 62-66.
217. Руда М.В. Структура та алгоритм управління консорцією екотонів захисного типу для забезпечення екологічної безпеки на шляхах залізничного транспорту // Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції «Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства. Європейський досвід і перспективи», – Львів: ЛДУ БЖД, 2015. – С. 355-357.
218. Рудишин С.Д. Біологічна підготовка майбутніх екологів: теорія і практика. – Вінниця: Темпус, 2009. – 394 с.
219. Рудишин М.П., Царик И.В. Структура индивидуальных консорций щавеля альпийского // Экология. 1982. № 5. С. 15–22.
220. Самарцев А.Я. Железнодорожные защитные лесные насаждения : учебн. пособ. – Пенза, 1997. – С. 134.
221. Серебряков И.Г. Жизненные формы высших растений и их изучение. Полевая геоботаника. Москва-Львов: Наука, 3. 1964., с.146-205.
222. Скородумов О.С. Вплив лісових насаджень на ґрунти в степу. Київ: Вид-во Української академії сільськогосподарських наук, 1959. 222 с.

223. Смалько Я.А. Вітрозахисні властивості лісових смуг різних конструкцій. Автореферат, дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата географічних наук Москва – 1961. 24 с.
224. Содержание ^{90}Sr и ^{137}Cs в древесине на южном топливном следе Чернобыльских радиоактивных выпадений / [Отрешко Л.Н., Журба М.А., Билоус А.М. и др.] // Ядерна фізика та енергетика. – 2015. – Т. 16, № 2. – С. 183–192.
225. Спосіб фіторизоремедіації девастрованих ґрунтів / Оліферчук В.П., Паславський М.М., Руда М.В.; заявник і власник Державний вищий навчальний заклад «Національний лісотехнічний університет України» – № а 2014 06794; заявл. 16.06.2014; опубл. 11.04.2016, Бюл. № 7.
226. Спосіб сільватизації корінних деревостанів / Оліферчук В.П., Паславський М.М., Руда М.В.; заявник і власник Державний вищий навчальний заклад «Національний лісотехнічний університет України» – № а 2014 06774; заявл. 16.06.2014; опубл. 25.04.2016, Бюл. № 8.
227. Спосіб ризоремедіації девастрованих земель / Оліферчук В.П., Паславський М.М., Руда М.В.; заявник і власник Державний вищий навчальний заклад «Національний лісотехнічний університет України» – № а 2014 06776; заявл. 16.06.2014; опубл. 25.04.2016, Бюл. № 8.
228. Справочник по геохимии / Г.В. Войткевич, А.В. Кокин, А.Е. Мирошников, В.Г. Прохоров. – М., 1990. 480 с.
229. Строчинський А.А., Кашпор С.М. Уніфікована система бонітування лісових насаджень. Лісотаксаційні нормативи. – К.: Видавничий центр НАУ, 2007. – 8 с.
230. Таксация леса: учебное пособие для студентов специальности «Лесное хозяйство», «Лесоинженерное дело», «Садово-парковое хозяйство» / В. Ф. Багинский. – Гомель: ГГУ им Ф. Скорины, 2012.– с.
231. Тарасов А.И. Рекреационное лесопользование.– М.: Агропромиздат, 1986.– 176 с.
232. Толмачев А.И. Богатство флор как объект сравнительного изучения. Вестник ЛГУ. Серия Биология, 1970. 2 (9). 71-83.

233. Толмачев А.И. Введение в географию растений. Л.: Изд. ЛГУ. 1970. 244 с.
234. Торнли Дж.Г.М. Математические модели в физиологии растений. Киев: Наукова думка. 1982. 312 с.
235. Туниця Ю.Ю. Екологічна Конституція Землі. Ідея. Концепція. Проблема. – Львів: Видав, центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2002. – 298 с.
236. Усольцев, В.А. Продуктивность и структура фитомассы древостоев: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / В.А. Усольцев. – Киев, 1985. – 46 с.
237. Усольцев, В.А. Рост и структура фитомассы древостоев / В.А. Усольцев. – Новосибирск: Наука, 1988. 253 с.
238. Уткин А.И. Методика исследований первичной биологической продуктивности лесов // Биологическая продуктивность лесов Поволжья. – М.: Наука, 1982. – С. 59-72.
239. Хомутинин Ю.В., Кашпаров В.А., Жебровская Е.И. Оптимизация отбора и измерений проб при радиоэкологическом мониторинге. – К. : Украинский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной радиологии, 2001. – 168 с.
240. Царик И.В., Жиляев Г.Г., Марфенина О.Е. Роль консортов в размножении растений высокогорий Карпат // Экология. 1988. № 3. С. 19-24.
241. Царик И.В., Малиновский К.А. Популяционно-консортивный анализ биогеоценозов // Журн. общ. биол. 1988. Т. 49. № 4. С. 455–463.
242. Царик Й.В. Вікова структура автотрофних компонентів біогеоценозів та їх консортивна організація // Структура високогірних фітоценозів Українських Карпат. К.: Наук. думка, 1993. С. 29-38.
243. Царик Й.В., Царик І.Й. Консорція як один із базових рівнів біологічного різноманіття // Карпатський регіон і проблеми сталого розвитку: Матеріали конф. Рахів, 1998. С. 303-304.
244. Царик І.Й. Консортивна структура сосни муго (*Pinus mugo* Turra) в Чорногірському високогір'ї (Українські Карпати): Автореф. дис. ... канд. біол. наук. Дніпропетровськ, 1999. 19 с.
245. Царик Й.В. Концепція і збереження біологічного різноманіття // Праці НТШ. 2001. Т. 7. С. 13-18.

246. Царик Й.В., Царик І.Й. Консорція як загальнобіологічне явище // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. 2002. Вип. 28. С. 163-169.
247. Царик Й.В., Царик І.Й. Різноманіття консортів і функціонування екосистем // Біорізноманіття в природних і антропогенних екосистемах: Матер. III Міжнар. конф. Дніпропетровськ, 2005. С. 168-169.
248. Царик Й.В., Царик І.Й. Топічні та фабричні зв'язки в консорції, їх значення у збереженні біотичного різноманіття // Біологічні студії. 2008. Т. 2. № 1. С. 71-76.
249. Царик Й.В. Ценопопуляционная структура высокогорных сообществ Карпат: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Днепропетровск, 1991. 43 с. Н. Кокар ISSN 0206-5657. Вісник Львівського університету. Серія біологічна. 2011. Випуск 57.
250. Цветков В.Ф. Динамика лесных экосистем в зоне аэротехногенного загрязнения // Тез. докл. междунар. науч. конф. «Влияние атмосферного загрязнения и других антропогенных и природных факторов на дестабилизацию состояния лесов Центральной и Восточной Европы». Т. 1. – М.: МГУЛ. – 1996. – С. 18.
251. Цветков В.Ф. Лес в условиях аэротехногенного загрязнения.– Архангельск, 2003–354 с.
252. Чеховська М.М., Воронін С.А. Особливості проведення екологічного аудиту на залізничному транспорті України // Учене записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Юридические науки». Том 19 (58), №2, 2006 г.–с. 195-200.
253. Чміль А.І. Дослідження енергетичної досконалості біотехнічних систем у тваринництві // Науковий вісник НУБіП України. Серія «Техніка та енергетика АПК» – 2015 – 209/2 – С.58 – 63. «Енергетика і автоматика», №1, 2015 р. 29.
254. Шварц С.С. Теоретические основы глобального экологического прогнозирования // Всесторонний анализ окружающей природной среды. Труды II советско-американского симпозиума. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – С. 181–191.

255. Шеляг-Сосонко Ю.Р., Емельянов И.Г. Экологические аспекты концепции биоразнообразия // Экология и ноосферология. 1997. Т. 3. С. 131–140.
256. Шмальгаузен И.И. Кибернетические вопросы биологии. – Новосибирск: Наука, 1968. 224 с.
257. Шмидт В.М. Количественные показатели в сравнительной флористике. Ботан. журн. 1974, 59 (7): 929-940.
258. Шмидт В.М. Статистические методы в сравнительной флористике. Л.: Изд-во Ленингр. гос. ун-та. 1980. 175 с.
259. Щепаченко Д.Г., Шведенко А.З., Шалаев В.С. Биологическая продуктивность и бюджет углерода лиственных лесов Северо-Востока России: Монография. – М.: Московский гос. ун-т леса, 2008. 296 с.
260. Юнатов А.А. Заложение экологических профилей и пробных площадей // Полевая геоботаника / Под общ. ред. Е. М. Лавренко и А. А. Корчагина. – Т. III. – М.-Л.: Наука, Ленинградское отд., 1964. – С. 9 – 35.
261. Яковлев А.С., Гендугов В.М., Глазунов Г.П., Евдокимова М.В., Шулакова Е.А. Методика экологической оценки состояния почвы и нормирования ее качества // Почвоведение, 2009. №8. – С 984-995.
262. Asmann, E. Waldertragekunde / E. Asmann. – München-Bonn-Wien: BLW, 1961. – 327 s.
263. Bunzl K., Schimmack A., Kreutzer K., Schierl R. Interception and retention of Chernobyl-derived Cs-134, 137 and Ru-106 in spruce stand // Sci. Total Environ. – 1989. – Vol. 78. – P. 77 – 87.
264. Burden R.F., Randerson P.F. Quantitative studies of the effects of human trampling on vegetation as an aid to the management of seminatural areas // J. Appl. Ecol. 1972, 9, № 2. – P. 439–457.
265. Cajander F.K. The theory of forest types // Acta forestalia Fennica, Vol. 29. Helsinki, 1926. P. 3-108.
266. Clements F.E. Plant succession and indicators. A definitive edition of plant succession and plant indicators. N.Y., 1949.
267. Chiras D.D. Environmental Science: Action for a Sustainable Future. – Amsterdam – Bonn... Madrid – San Juan, 1991. 549 p.

268. Cunningham W.P., Cunningham M.A., Saigo B.W. Environmental Science: a global concern. Eighth edition. – Boston – Toronto: Mcgraw-Hill Publisher, 2005. 630 p.
269. Ellenberg H. Ziele und Stand der Okosystemforschung. Okosystemforschung / Hrsg. H. Ellenberg. – Berlin, 1973. – S. 1-30.
270. Enger E.D., Smith B.F. Environmental Science: a study of interrelationships. Ninth edition. – Boston – Toronto: Mcgraw-Hill Publisher, 2004. – 477 p.
271. Falinski K. Ecologia roslin. Warszawa: PWN, 1997. 453 s.
272. Green T. The role of invisible biodiversity in pasture landscapes // Pasture Landscapes and Nature Conservation / Ed. B. Redecker, P. Finck et al. Berlin, Heidelberg, New York, London, Tokyo.: Springer, 2002. P.135-145.
273. Harper J.L. Darwinian approach to plant ecology. J. Ecol. 1967. V. 55. P. 247–270.
274. Harper J.L. Population biology of plants. N.Y.: Acad. Press. 1977. 892 p.
275. Kamieniecki K. Podsumowanie // Barometr zrownowazonego rozwoju. 2007/2008. – Warszawa, 2008. 137 s.
276. Kittredge J. Estimation of the amount of foliage of trees and stands. – J. Forest, 1944, v. 42, №11.
277. Kistowski M. Regionalny model zrownowazonego rozwoju i ochrony srodowiska Polski a strategie rozwoju wojewodztw. – Gdansk – Poznan: Uniw. Gdanski, Bogucki Wyd-wo Naukowe, 2003. 393 s.
278. Kleinbaum D. G., Klein M. Survival Analysis: A Self-Learning Text. – New York: Springer-Verlag, 2005.
279. Kolobov A.N., Frisman E.Ya. Individual-based model of spatio-temporal dynamics of mixed forest stands // Ecological Complexity. 2016. V. 27. P. 29–39.
280. Kozlowski S. Ekorozwoj. Wyzwanie XXI wieku. – Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2000. 373 s.
281. Kucharski R. Hałas drogowy. – Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 1979.

282. McGee E. J., Synott H. J., Johanson K. J., Fawaris B. H., Nielsen S. P. et al. Chernobyl fallout in a Swedish spruce forest ecosystem // *J. Environ. Radioactivity*. – 2000. – Vol. 48. – P. 59 – 78.
283. Monsi M., Saeki T. Uber den Lichtfactor in den Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung fur die Stoffproduction. *Jap. Jour. Bot.* 1953. V. 14. № 1. P. 22–52.
284. Obshta A., Ruda M., Soroka I. Protective Consortive Ecotones and the Quality of their Functioning // 14th International Conference the Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics (CADSM): Proceedings – Polyana, Svalyava, (Zakarpattya), Ukraine, February 21-25, 2017 – C. 314-318.
285. Patten B.C. Environs: a relativistic elementary particles for ecology. // *Am. Nat.*, 1982, 119, p. 179-219.
286. Pohrebennyk V., Ruda M., Paslavskyi M. Consortiums of ecotones of protective type to ensure the environmental safety on railway lines // *New trends in the ecological and biological research: International scientific conference: book of abstracts University of Prešov, Slovak republic - 9. – 11. September, 2015 – P. – 60 – ISBN 978-80-555-1354-6.*
287. Pohrebennyk V., Ruda M. Spase-fundional role of consortiums of ecotones of protective type to ensure the environmental safety on railway lines // *V Міжнародний молодіжний науковий форум «Litteris et Artibus» / Матеріали. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2015. – 1 електрон. опт. диск (CD-ROM) – с. 464-465. ISBN 978-617-607-856-2.*
288. Pohrebennyk V., Ruda M., Paslavskyi M., Solomon I. Consortiums of ecotones of protective type to ensure the environmental safety on railway lines // *Acta facultatis studiorum humanitatis et naturae Universitatis Presoviensis. Natural sciences. Biology-ecology. Volume XLIII. Presov, Slovak Republik. 2016. p. 172-181.*
289. *Prévision des niveaux sonores — Guide du Bruit des Transports Terrestres. – Nov. 1980, Engel Z. Ekrany akustyczne /Engel Z., Sadowski J. i inni — Kraków: Wydawnictwo AGH, 1990.*

290. Pr evision des niveaux sonores — Guide du Bruit des Transports Terrestres. – Nov. 1980.
291. Prodan, M. Holzmesslehre / M. Prodan. – Frankfurt am Mein: Sauerlandere Verlag, 1965. – 644 s.
292. Raunkiaer C.H. The life forms of plants and statistical plant geography, being the collected papers of C. Raunkiaer. Oxford: Clarendon Press. 1934. 632 p.
293. Strandberg M. Radiocesium in a Danish pine forest ecosystem // Sci. Total Environ. – 1994. – Vol. 157. – Special issue. Forests and radioactivity. – A collection of papers presented at the Seminar on the Dynamic Behaviour of Radionuclides in Forests (Stockholm, Sweden, 18 – 22 May, 1992) / Eds. G. Desmet, A. Janssens, J. Melin. – P. 125 – 132.
294. Tansley A.G. The use and abuse of vegetational concepts and terms // Ecology, 1935. – 16, № 4. – P. 284-307.
295. Thames Barrier Park // Greater London. – 2016. URL: http://www.gardenvisit.com/garden/thames_barrier_park.
296. USEPA. 1995. The Use of the Benchmark Dose Approach in Health Risk Assessment. – ORD. Washington, DC. EPA/630/R-94/007.
297. VDI-2720 – Schallschutz durch Abschirmung im Freien. VDI-Richtlinien, Juni 1981.
298. White Paper. European transport policy for 2010: time to decide. Commission of the European Communities. Brussels, 12.09.2001. COM(2001) 370 final.

ДОДАТКИ

Додаток А

Карта-схема Українських залізниць



Рисунок А.1 – Карта-схема Українських залізниць [92]

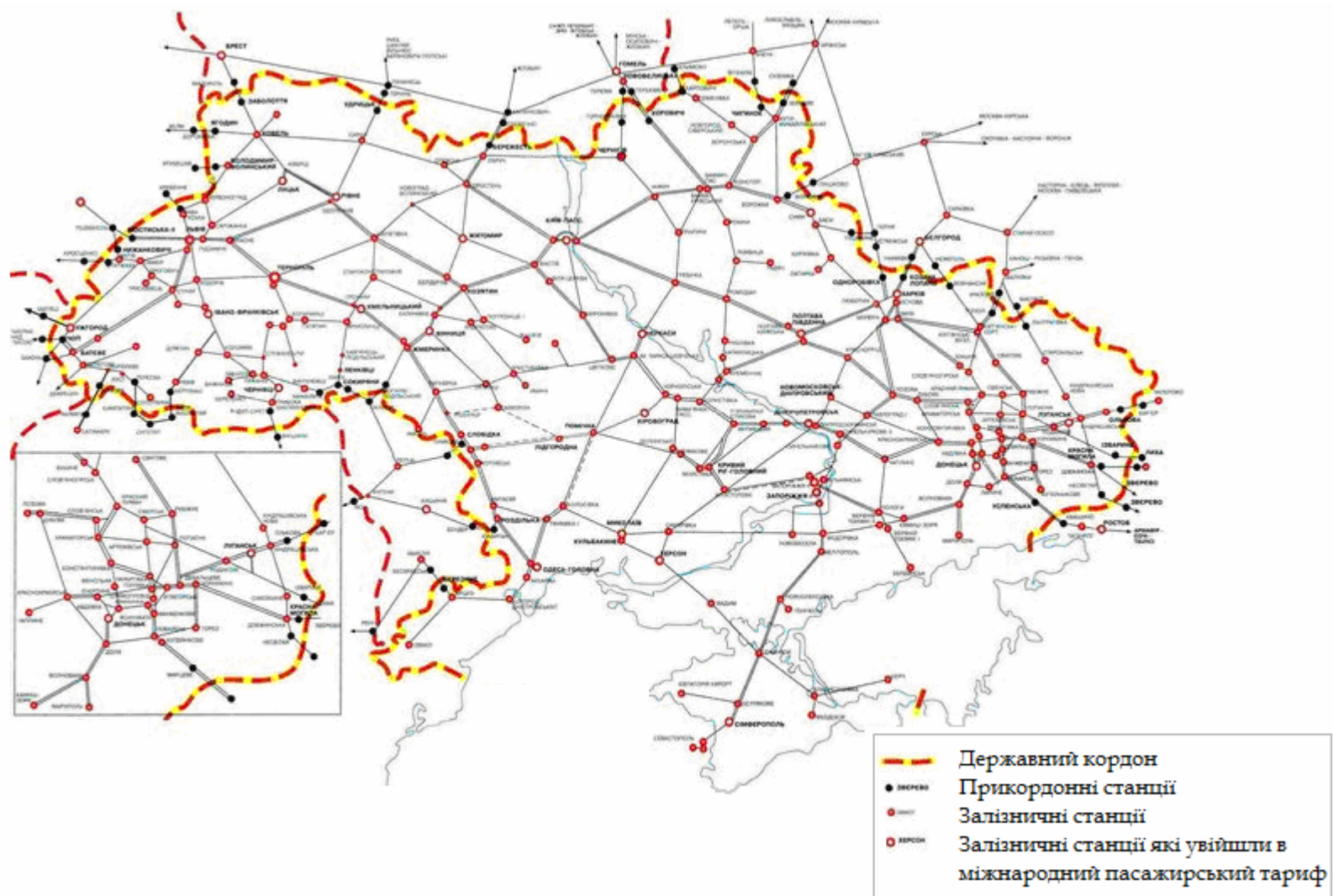


Рисунок А.2 – Карта-схема основних залізничних станцій тому числі тих, що увійшли до міжнародного пасажирського тарифу Українських залізниць [92]

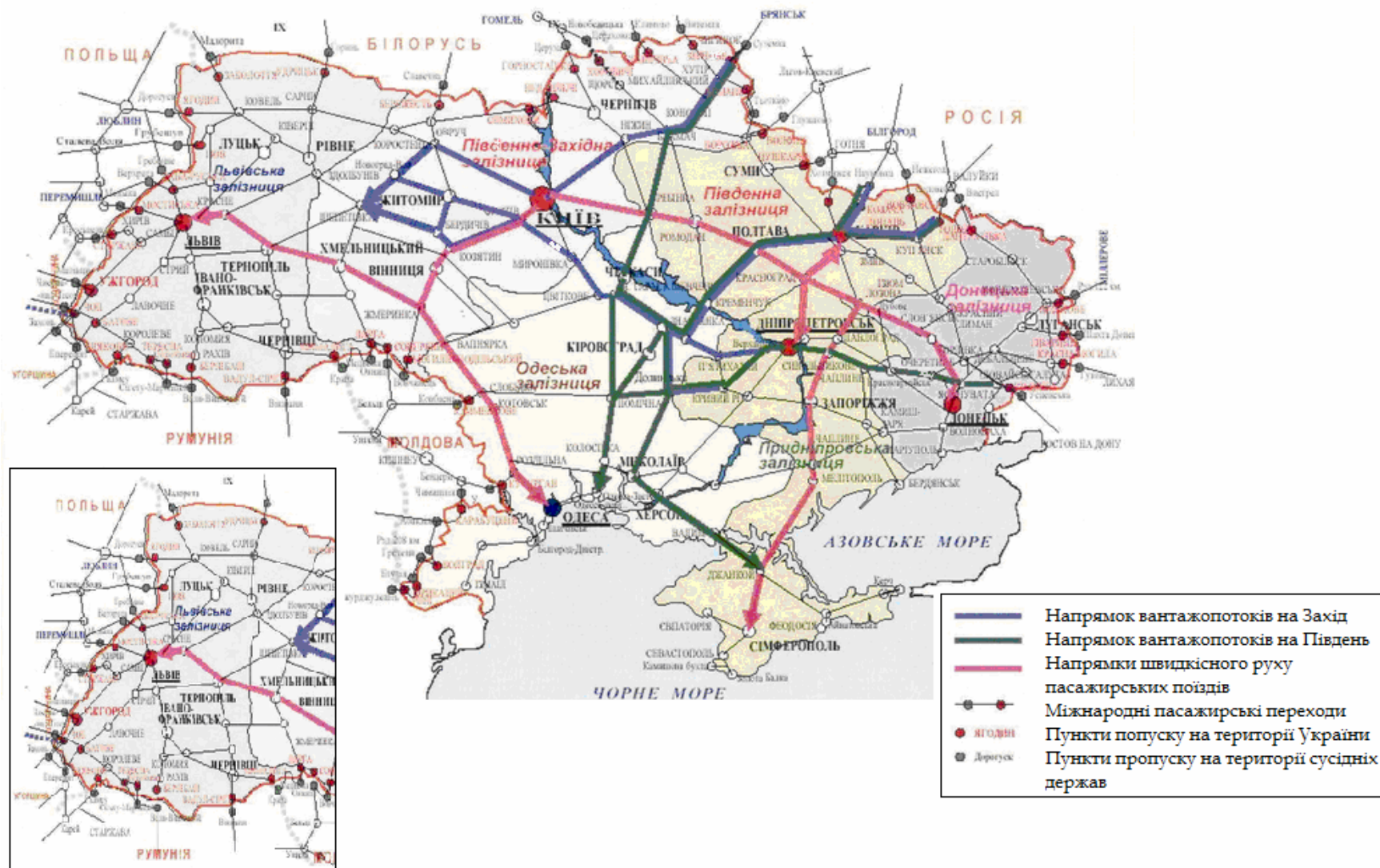


Рисунок А.3 – Схема розмежування пасажирського та вантажного руху поїздів залізниць України [92]

Додаток Б.1

Вплив структурних підрозділів залізниці на стан НПС

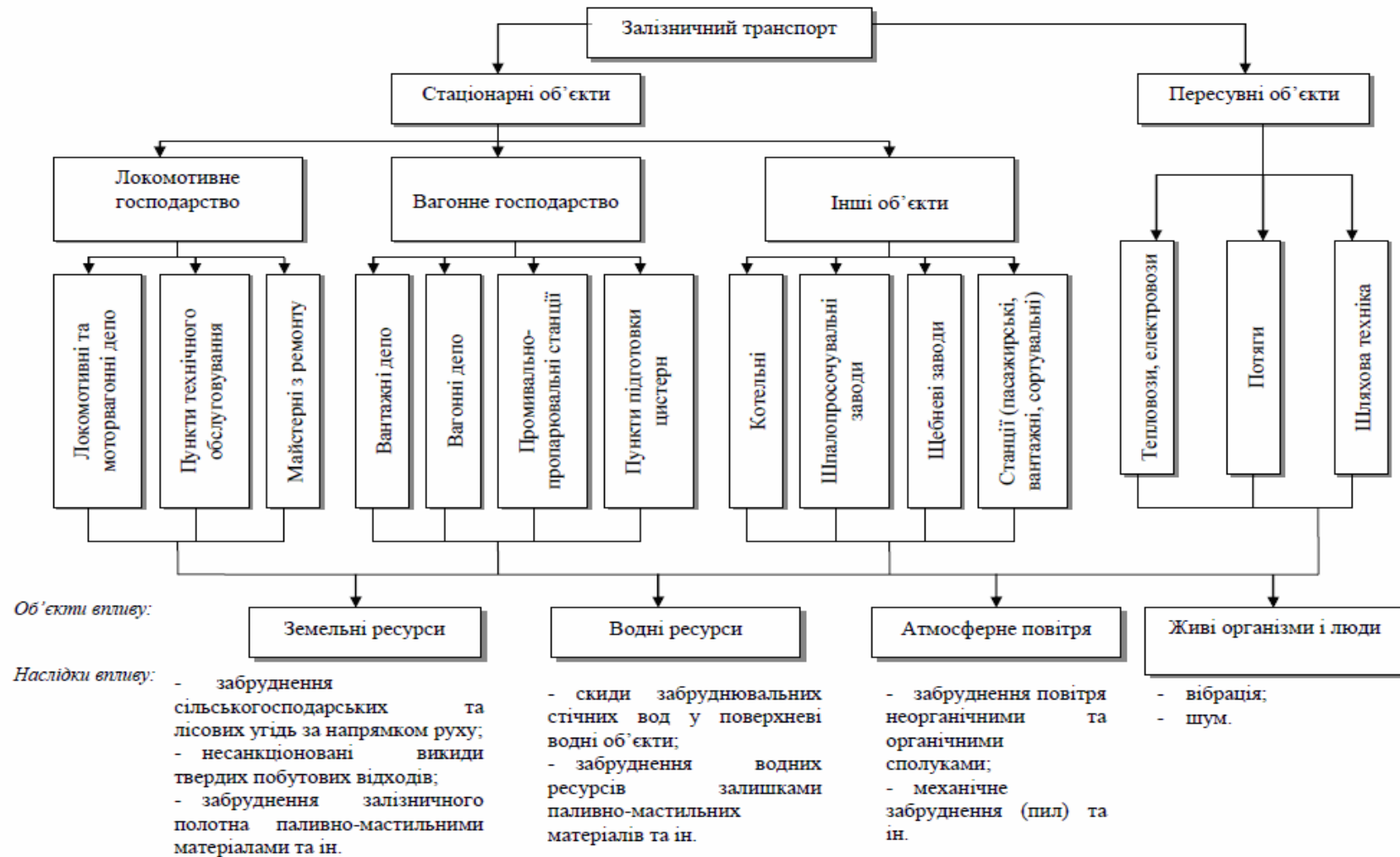


Рисунок Б.1 – Схема впливу структурних компонентів залізничного транспорту на НПС [171]

Додаток Б.2

Забруднення атмосферного повітря службами Львівської залізниці

Таблиця Б.1 – Викид в атмосферу деяких специфічних забруднюючих речовин службами Львівської залізниці в 2016 році, тонн*

№ з/п	Служба	Пасажирське господарство	Вагонне господарство	Господарство колії	Служба сигналізації та зв'язку	БМЕС	Служба перевезень	Локомотивне господарство	Служба електрифікації
	Речовина								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Аерозоль фарби	-	2,644	-	0,016	-	-	0,582	-
2	Аерозоль зварювальний	0,029	0,266	1,92	0,014	0,012	-	0,074	0,061
3	Бензин нафтовий	-	-	1,248	-	1,762	0,276	-	0,583
4	Бензол	-	-	0,002	0	0,0004	-	-	-
5	Бутилацетат	-	0,755	0,023	0,016	-	-	-	-
6	Газопод. фторист. сполуки	0,082	0,007	-	0,001	-	-	0,028	-
7	Зола вугілля	4,278	-	1,48	-	4,478	0,338	-	-
8	Керосин	-	-	0,033	-	0,47	0,001	-	-
9	Ксилол	8,346	6,571	0,002	0,006	0,0002	0,064	6,99	-
10	Марганець та його сполуки	0,023	0,125	0,041	0,008	0,004	0,002	0,036	0,014
11	Оксиди азоту	15,981	27,542	15,940	1,176	64,428	7,679	103,581	0,580
12	Оксид заліза	-	0,599	0,027	0	0,06	0,004	-	0,073
13	Оксид вуглецю	17,857	112,483	60,95	7,189	155,79	36,647	108,461	3,934
14	Перхлоретилен	-	0,877	-	-	-	-	1,642	-
15	Пил абразивно-металевий	-	0,702	-	0,007	0,117	-	0,174	0,018
16	Пил деревини	-	5,719	1,267	0,144	0,446	-	3,128	0,031
17	Пил металевий	-	1,333	0,469	-	-	-	0,025	0,009
18	Пил неорганічний	0,772	-	34,606	-	0,252	-	-	0,122
19	Пил вугільний	0,22	0,003	0,553	-	0,041	0,001	3,548	-
20	Сажа	6,014	3,559	0,654	-	-	-	6,575	-
21	Свинець та його сполуки	0	0	0,001	0	0,0002	0	0,003	0,001
22	Сірчана кислота	0,001	0,06	0,032	0,006	0,006	-	0,052	0,083
23	Сірчистий ангідрид	32,907	181,731	119,607	14,672	127,665	55,784	180,605	5,151
24	Толуол	0,019	2,057	0,094	0,078	0,0003	-	0,905	-
25	Вуглеводні (без ЛОС)	0,012	0,147	-	0,225	0,455	-	0,018	0,033

* Складено автором на основі офіційної інформації «Укрзалізниці»

Таблиця Б.2 – Характеристика забруднення площ залізничних підприємств [171]

№ з/п	Найменування підприємства	Середня площа, га		Площа забрудненої території, %	Концентрація нафтопродуктів, мг/
		Загальна	Забруднена		
1	2	3	4	5	6
1	Станції та пункти технічного обслуговування вагонів	50	5	10	0,5-2,0
2	Депо локомотивні	5	1	20	0,1-4,0
3	Депо вагонні	4,5	0,9	20	0,1-0,3
4	Шпалопросочувальний завод	10	2,4	24	0,3-1,0
5	Промивально-пропарювальні станції	12	3	25	0,5-4,0
6	Пункти підготовки вантажних вагонів	3	0,15	5	0,2-0,4
7	Пункти підготовки пасажирських вагонів	2	0,06	3	0,1-0,3

*Кількість відходів, що утворилися на підприємствах залізниць України в 2016 році склало: I класу – 20,34 тн (люмінесцентних ламп – 35494 шт.); II класу – 3507,23 тн; III класу – 1692,04 тн; IV класу – 65507,14 тн

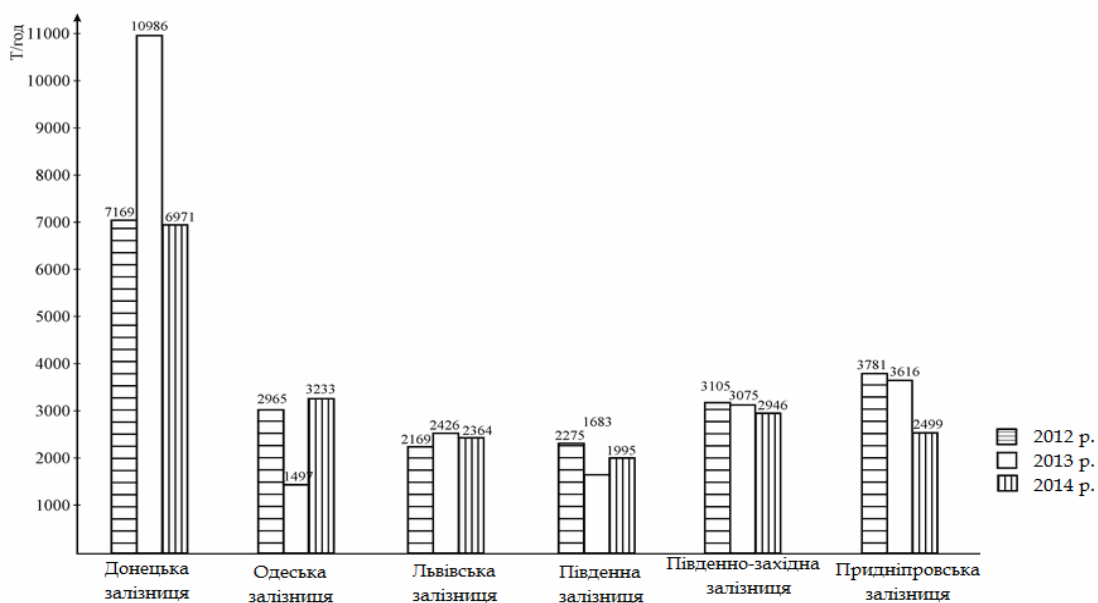


Рисунок Б.2 – Викид забруднюючих речовин в атмосферу залізницями в 2015-2016 р.р*

* Складено автором на основі офіційної інформації «Укрзалізниці»

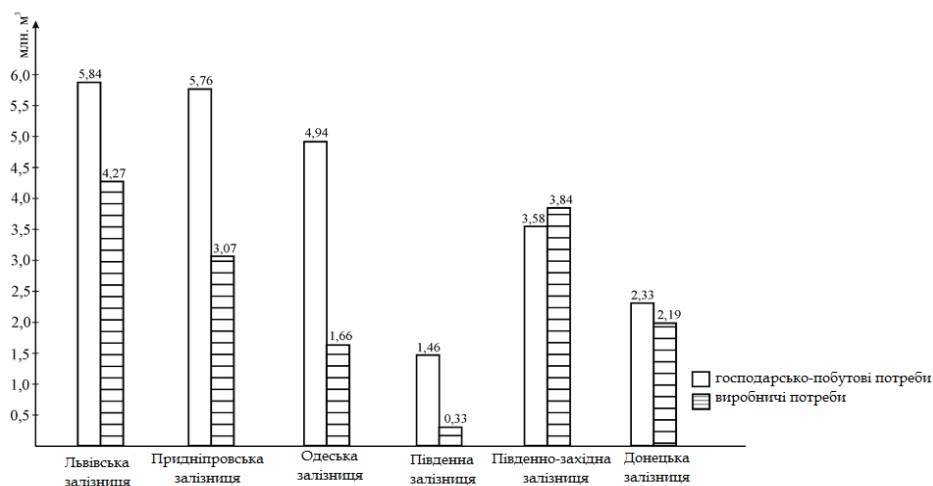


Рисунок Б.3 – Водоспоживання залізниць України в 2016.*

* Складено автором на основі офіційної інформації «Укрзалізниці»

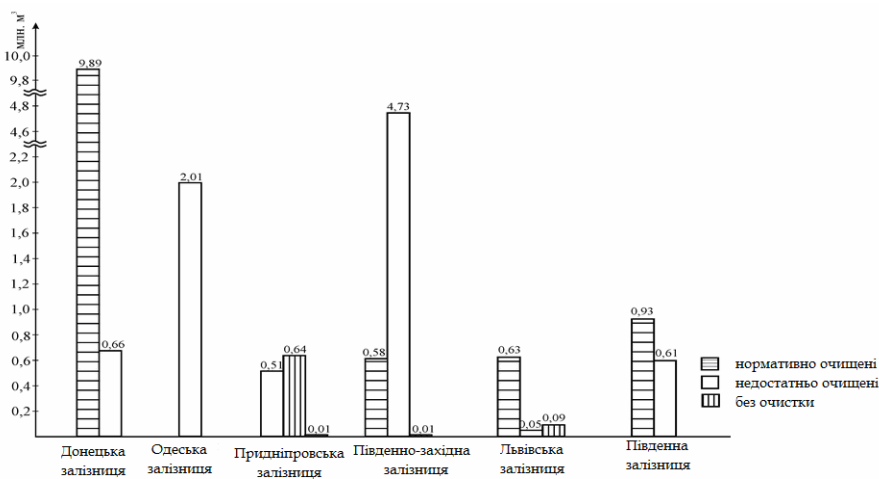


Рисунок Б.4 – Обсяг скиду забруднених стічних вод залізницями України у природні водойми в 2016 р.*

* Складено автором на основі офіційної інформації «Укрзалізниці»

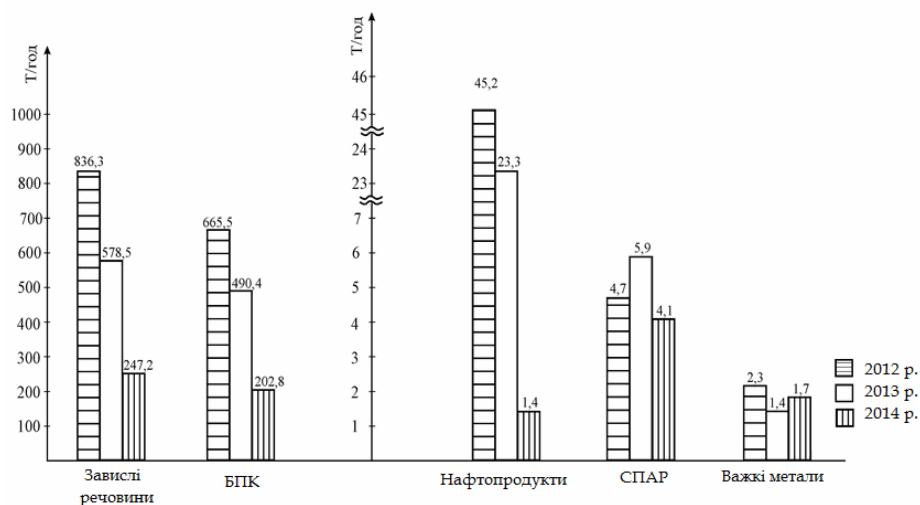


Рисунок Б.5 – Обсяг забруднювачів, скинутих у природні водойми зі стічними водами залізниць Україна в 2014 – 2016 р.р.*

* Складено автором на основі офіційної інформації «Укрзалізниці»

Додаток В

Зв'язок ділянок захисних лісів з категоріями земель та видами угідь

Таблиця В.1 – Ділянки захисних лісів та категорії земель за видами угідь, що їм відповідають [103]

Підкатегорії лісів	Визначення категорії лісів	Визначення категорії земель
Державні захисні лісові смуги	Лісові насадження лінійного типу	До земель лісогосподарського призначення належать землі, вкриті лісовою рослинністю, а також не вкриті лісовою рослинністю, нелісові землі, які надані та використовуються для потреб лісового господарства. (стаття 55 ЗК), (Секція Н розділ 09 КВЦПЗ, угіддя 005 03 КВЗУ).
Полезахисні лісові смуги	Лісові насадження лінійного типу	До земель сільськогосподарського призначення належать: б) несільськогосподарські угіддя (... полезахисні лісові смуги та інші захисні насадження, крім тих, що віднесені до земель лісогосподарського призначення) (стаття 22 ЗК) (Секція А розділ 01 КВЦПЗ, угіддя 005 03 КВЗУ)
Ліси у смугах відведення каналів	Лісові ділянки (смуги лісів) розташовані у смугах відведення каналів	До земель водного фонду належать землі, зайняті: в) ... каналами, а також землі, виділені під смуги відведення для них (Секція І розділ 10 КВЦПЗ).
Ліси у смугах відведення залізниць	Лісові ділянки (смуги лісів) розташовані у смугах відведення залізниць	До земель залізничного транспорту належать землі смуг відведення залізниць (Секція J розділ 12 КВЦПЗ)
Ліси у смугах відведення автомобільних доріг		До земель дорожнього господарства належать землі під розташованими в межах смуг відведення іншими дорожніми спорудами та обладнанням, а також землі, що знаходяться за межами смуг відведення, якщо на них розміщені споруди, що забезпечують функціонування автомобільних доріг, а саме: г) захисні насадження (Секція J розділ 12 КВЦПЗ).
Ліси протиерозійні		
Ліси уздовж смуг відведення залізниць	Лісові ділянки (смуги лісів), які прилягають до смуг відведення залізниць і виділяються з категорії експлуатаційних лісів на 500 метрів з кожного боку.	
Ліси уздовж смуг відведення автомобільних доріг	Лісові ділянки (смуги лісів), які прилягають до смуг відведення автомобільних доріг державного значення	

Підкатегорії лісів	Визначення категорії лісів	Визначення категорії земель
	виділяються з категорії експлуатаційних лісів на 500 метрів з кожного боку.	
Ліси уздовж берегів річок, навколо озер, водойм. та ін.		<p>До земель лісогосподарського призначення належать землі, вкриті лісовою рослинністю, а також не вкриті лісовою рослинністю, нелісові землі, які надані та використовуються для потреб лісового господарства. (стаття 55 ЗК), (Секція Н розділ 09 КВЦПЗ, угіддя 005 01 КВЗУ).</p> <p>До земель водного фонду належать землі, зайняті: прибережними захисними смугами вздовж морів, річок та навколо водойм, крім земель, зайнятих лісами (стаття 4 ВК, стаття 58 ЗК).</p> <p>Для створення сприятливого режиму водних об'єктів уздовж морів, навколо озер, водосховищ та інших водойм встановлюються водоохоронні зони, розміри яких визначаються за проектами землеустрою (стаття 58 ЗК)</p>
Байрачні та інші захисні ліси	Лісові ділянки розташовані на схилах балок і річкових долин з крутизною схилів до 25 градусів; серед безлісної місцевості та мають площу до 100 гектарів	

Таблиця Г.3 – Визначення висоти *Quercus robur* за групами віку в КЕЗТ захисного типу на дялянці колії Львів – Стрий

№ з/п	Дерева за групами віку																													
	3	5	8	11	14	17	20	23	26	29	32	35	38	41	44	47	50	53	56	59	62	65	68	71	74	77	80	83	85	88
1.	1.65	3.9	4.7	5.1	6.5	7.6	8.1	8.9	9.7	10.5	10.8	11.2	12.9	13.7	14.2	15.3	15.9	16.1	16.5	17.6	17.9	18.3	18.8	19.2	19.6	19.8	20.3	21.4	21.7	22
2.	1.7	3.9	4.65	4.9	6.5	7.54	8	8.9	9.75	10.6	10.77	11.2	13	13.7	14.21	15.2	16	16	16.4	17.59	18	18.2	18.81	19.1	19.58	19.79	20.3	21.39	21.7	21.8
3.	1.71	3.8	4.68	4.98	6.52	7.58	8	9.1	9.8	10.6	10.79	11.2	12.89	13.7	14.19	15.31	15.89	16	16.5	17.58	17.89	18.2	18.78	19.19	19.57	19.78	20.4	21.39	21.6	21.9
4.	1.68	3.7	4.7	4.98	6.52	7.59	8.1	9.1	9.69	10.61	10.79	11.19	12.87	13.69	14.18	15.34	15.58	16.09	16.5	17.57	18.1	18.29	18.73	19.3	19.5	19.8	20.2	21.39	21.69	21.9
5.	1.69	4	4.7	4.9	6.53	7.59	8.12	9.2	9.68	10.6	10.79	11.19	12.88	13.67	14.18	15.4	15.58	16.08	16.48	17.7	18.09	18.29	18.75	19.28	19.7	19.8	20.28	21.38	21.68	21.9
6.	1.65	4.1	4.71	5	6.6	7.56	8.1	9	9.68	10.5	10.78	11.18	12.87	13.68	14.19	15.29	15.58	16.09	16.47	17.7	18.09	18.3	18.7	19.27	19.59	19.79	20.28	21.4	21.68	22
7.	1.66	3.9	4.71	5	6.4	7.6	7.9	9.02	9.69	10.49	10.81	11.18	12.8	13.67	14.19	15.27	15.57	16.09	16.47	17.71	18.07	18.36	18.74	19.18	19.58	19.74	20.28	21.45	21.65	21.98
8.	1.67	3.91	4.69	5	6.47	7.58	7.98	8.9	9.7	10.49	10.7	11.17	12.85	13.8	14.2	15.28	16	16.12	16.48	17.69	18.09	18.4	18.79	19.19	19.56	19.7	20.29	21.47	21.64	21.95
9.	1.7	3.9	4.69	5.1	6.49	7.58	7.98	8.87	9.78	10.48	10.78	11.2	12.81	13.75	14.2	15.26	15.89	16.2	16.48	17.68	17.9	18.41	18.79	19.2	19.5	19.9	20.4	21.48	21.69	21.95
10.	1.7	3.91	4.68	5.12	6.51	7.59	8.0	8.89	9.78	10.49	10.74	11.3	12.89	13.75	14.18	15.3	15.87	16.21	16.42	17.64	17.95	18.36	18.78	19.21	19.71	19.1	20.41	21.39	21.67	21.96
11.	1.69	3.8	4.69	5.12	6.51	7.6	8.1	8.88	9.8	10.49	10.76	11.31	12.85	13.74	14.17	15.3	15.87	16.18	16.43	17.63	17.92	18.29	18.79	19.19	19.58	19.9	20.3	21.38	21.7	21.93
12.	1.65	3.7	4.69	5.12	6.5	7.6	8.12	8.89	9.69	10.48	10.74	11.17	12.87	13.79	14.17	15.31	15.89	16.18	16.48	17.62	17.89	18.24	18.7	19.19	19.59	19.79	20.3	21.38	21.7	21.97
13.	1.68	3.8	4.7	5.12	6.5	7.57	8.12	8.88	9.68	10.49	10.81	11.29	12.89	13.68	14.21	15.34	16	16.19	16.49	17.59	17.87	18.27	18.8	19.18	19.56	19.78	20.3	21.39	21.68	22
14.	1.67	4	4.71	4.9	6.54	7.53	8.1	9.0	9.67	10.6	10.9	11.31	12.89	13.69	14.21	15.36	16.1	16.18	16.15	17.57	17.87	18.28	18.9	19.18	19.56	19.79	20.29	21.4	21.68	21.98
15.	1.67	4.01	4.68	4.92	6.55	7.58	8.2	8.87	9.7	10.5	10.87	11.2	12.9	13.69	14.3	15.26	16.01	16.2	16.6	17.59	17.8	18.3	18.91	19.26	19.71	19.71	20.28	21.3	21.69	21.89
16.	1.67	4.01	4.67	4.8	6.57	7.59	8.16	8.89	9.78	10.5	10.85	11.17	12.91	13.68	14.26	15.27	16.85	16	16.61	17.5	17.87	18.26	18.91	19.3	19.59	19.7	20.2	21.35	21.61	21.87
17.	1.69	4.2	4.67	4.8	6.6	7.59	8.12	8.87	9.8	10.53	10.86	11.17	12.93	13.7	14.25	15.2	16	16	16.5	17.58	17.82	18.25	18.89	19.26	19.59	19.78	20.25	21.36	21.63	21.88
18.	1.72	3.8	4.67	4.93	6.53	7.6	7.9	8.9	9.75	10.51	10.89	11.19	12.98	13.8	14.26	15.24	15.9	16.1	16.4	17.59	17.83	18.26	18.85	19.24	19.59	19.79	20.26	21.39	21.63	21.8
19.	1.72	3.7	4.65	4.9	6.49	7.61	7.98	9	9.7	10.56	10.74	11.19	13	13.81	14.27	15.29	15.87	16.12	16.47	17.59	17.84	18.25	18.83	19.26	19.57	19.78	20.29	21.38	21.8	21.9
20.	1.7	3.7	4.65	4.9	6.49	7.63	7.89	9	9.69	10.52	10.78	11.19	13.1	13.71	14.29	15.29	15.8	16.18	16.49	17.56	17.89	18.29	18.84	19.18	19.56	19.79	20.29	21.36	21.78	21.97
21.	1.68	3.8	4.71	5	6.48	7.63	7.98	9	9.68	10.47	10.79	11.2	12.9	13.68	14.17	15.27	15.84	16.09	16.47	17.59	17.89	18.27	18.73	19.19	19.54	19.89	20.29	21.38	21.89	21.96
22.	1.68	3.9	4.7	5	6.49	7.63	7.77	9.1	9.68	10.47	10.79	11.3	12.89	13.69	14.19	15.29	15.83	15.99	16.49	17.6	17.91	18.2	18.74	19.18	19.53	19.78	20.27	21.41	21.69	21.9
23.	1.71	3.9	4.7	5.1	6.6	7.59	7.98	8.9	9.68	10.49	10.79	11.24	12.84	13.68	14.19	15.3	18.56	15.98	16.43	17.6	17.93	18.3	18.79	19.1	19.7	19.79	20.29	21.36	21.69	22
24.	1.7	3.9	4.7	5.1	6.53	7.58	7.97	8.89	9.8	10.49	10.79	11.25	12.8	13.64	14.17	15.36	16	15.97	16.4	17.7	17.9	18.1	18.78	19.11	19.6	19.89	20.3	21.38	21.68	22.1
25.	1.7	4	4.7	5.1	6.58	7.58	7.89	8.98	9.7	10.5	10.78	11.29	12.85	13.6	14.19	15.34	16.02	15.9	16.5	17.58	17.9	18.4	18.74	19.15	19.61	19.78	20.3	21.34	21.68	21.1
26.	1.7	4	4.7	4.87	6.58	7.6	7.87	8.97	9.7	10.5	10.78	11.24	12.86	13.67	14.21	15.34	16.01	15.97	16.59	17.52	17.8	18.27	18.79	19.19	19.63	19.78	20.4	21.36	21.69	21.1
27.	1.69	3.91	4.7	4.87	6.53	7.63	8.2	8.96	9.68	10.47	10.75	11.19	12.89	13.68	14.19	15.4	16	15.94	16.54	17.51	17.86	18.29	18.75	19.18	19.67	19.78	20.26	21.36	21.69	21.12
28.	1.69	3.91	4.7	4.95	6.5	7.61	8.15	8.96	9.69	10.47	10.7	11.17	12.88	13.68	14.18	15.3	15.89	15.92	16.47	17.56	18	18.28	18.7	19.19	19.59	19.79	20.22	21.39	21.7	21.98
29.	1.69	3.98	4.69	4.96	6.51	7.61	8.16	8.97	9.68	10.47	10.8	11.17	12.87	13.69	14.17	15.29	15.57	15.91	16.6	17.59	18.01	18.29	18.9	19.17	19.57	19.75	20.21	21.39	21.72	21.99
30.	1.7	3.98	4.69	4.95	6.49	7.6	8.2	8.97	9.67	10.49	10.8	11.18	12.9	13.7	14.31	15.2	15.59	15.93	16.48	17.58	18.02	18.2	18.91	19.1	19.6	19.79	20.29	21.4	21.76	22
31.	1.7	3.98	4.69	4.98	6.49	7.6	8	8.88	9.7	10.6	10.81	11.17	12.89	13.68	14.3	15.26	15.8	16	16.47	17.7	18.1	18.25	18.8	19.19	19.57	19.78	20.28	21.5	21.68	21.94
32.	1.72	3.98	4.69	4.9	6.6	7.59	8.03	8.89	9.7	10.61	10.81	11.2	12.88	13.67	14.3	15.23	15.87	15.98	16.43	17.6	18.09	18.26	18.85	19.18	19.52	19.79	20.27	21.51	21.64	21.93
33.	1.67	3.98	4.68	4.9	6.53	7.58	8.06	8.87	9.8	10.51	10.82	11.3	12.85	13.6	14.18	15.29	15.86	15.98	16.44	17.63	18	18.29	18.84	19.18	19.53	19.78	20.26	21.49	21.66	21.97
34.	1.65	3.76	4.68	4.8	6.52	7.57	8.09	8.79	9.75	10.56	10.85	11.25	12.87	13.8	14.17	15.29	15.87	15.99	16.5	17.59	17.9	18.28	18.74	19.1	19.57	19.1	20.3	21.45	21.65	21.98
35.	1.65	3.76	4.67	4.87	6.54	7.527	8.1	8.79	9.78	10.59	10.78	11.26	12.83	13.81	14.1	15.29	15.84	15.93	16.59	17.54	17.89	18.27	18.79	19.3	19.59	19.9	20.31	21.46	21.65	21.99
36.	1.67	3.8	4.69	4.87	6.58	7.58	8.09	8.79	9.67	10.51	10.79	11.3	13.1	13.8	14.09	15.3	15.83	16.09	16.54	17.53	17.87	18.27	18.78	19.18	19.59	19.78	20.31	21.39	21.65	22
37.	1.68	3.9	4.68	4.78	6.59	7.57	8.09	8.9	9.67	10.49	10.79	11.18	13	13.67	14.2	15.4	15.86	16.08	16.47	17.54	17.87	18.4	18.82	19.18	19.58	19.79	20.36	21.38	21.6	22.1
38.	1.68	3.7	4.68	4.76	6.5	7.59	7.98	8.9	9.67	10.47	10.9	11.19	13	13.64	14.21	15.31	15.89	16.09	16.43	17.58	18	18.41	18.79	19.19	19.57	19.79	20.37	21.37	21.63	22
39.	1.65	3.9	4.67	5	6.5	7.6	7.99	8.91	9.69	10.47	10.9	11.19	12.89	13.62	14.23	15.34	15.89	16.1	16.59	17.59	17.9	18.3	18.89	19.3	19.7	19.79	20.3	21.38	21.7	22.2
40.	1.65	3.91	4.68	5.2	6.6	7.6	7.97	8.89	9.69	10.49	10.74	11.17	12.88	13.64	14.29	15.29	15.9	16.1	16.54	17.58	17.89	18.29	18.89	19.15	19.62	19.7	20.21	21.39	21.7	21.93
41.	1.69	3.92	4.67	5.2	6.49	7.61	8	8.9	9.7	10.48	10.76	11.17	12.87	13.64	14.25	15.28	15.92	16.09	16.5	17.59	17.86	18.28	18.88	19.17	19.71	19.8	20.29	21.4	21.7	21.97
42.	1.69																													

56.	1,65	3,97	4,7	4,98	6,49	7,59	8,08	8,77	9,7	10,48	10,9	11,19	12,94	13,79	14,19	15,41	15,86	15,97	16,49	17,59	17,9	18,27	18,89	19,24	19,69	19,78	20,3	21,38	21,81	21,97
57.	1,65	4	4,71	4,96	6,5	7,58	8	8,9	9,67	10,47	10,9	11,2	12,95	13,8	14,19	15,29	15,87	15,99	16,5	17,58	17,91	18,3	18,79	19,23	19,67	19,1	20,31	21,38	21,74	22
58.	1,68	4,1	4,71	4,9	6,5	7,59	8,1	8,91	9,67	10,47	10,7	11,2	12,9	13,67	14,15	15,28	15,84	16	16,5	17,52	18	18,3	18,74	19,23	19,69	19,78	2038	21,3	21,65	21,98
59.	1,69	4,2	4,69	4,9	6,6	7,58	8,12	8,91	9,67	10,5	10,91	11,3	12,84	13,69	14,2	15,28	15,83	16,09	16,5	17,55	18,02	18,27	18,75	19,24	19,7	19,79	20,29	21,34	21,65	21,99
60.	1,68	4,1	4,69	4,76	6,58	7,57	7,98	8,88	9,7	10,51	10,84	11,19	12,8	13,68	14,2	15,3	15,89	16,1	16,6	17,7	18,03	18,27	18,9	19,18	19,58	19,79	20,28	21,39	21,69	21,98
61.	1,68	3,98	4,67	4,8	6,52	7,6	7,99	8,86	9,7	10,6	10,79	11,18	12,89	13,68	14,21	15,31	16	16,2	16,59	17,69	18,05	18,26	18,78	19,18	19,52	19,78	20,27	21,38	21,68	21,97
62.	1,69	3,98	4,69	4,8	6,51	7,6	8	8,89	9,71	10,61	10,78	11,17	12,9	13,69	14,26	15,3	16,03	16,21	16,52	17,62	17,85	18,2	18,76	19,18	19,52	19,75	20,27	21,31	21,67	22
63.	1,69	3,7	4,67	4,9	6,5	7,61	8,09	8,86	9,8	10,5	10,74	11,17	12,9	13,69	14,25	15,29	16,1	16,1	16,51	17,63	17,89	18,21	18,77	19,26	19,59	19,74	20,28	21,36	21,69	22,1
64.	1,67	3,97	4,68	5	6,49	7,61	8,06	8,77	9,68	10,47	10,75	11,19	12,9	13,68	14,25	15,27	16,09	16,1	16,54	17,6	17,88	18,29	18,74	19,3	19,58	19,7	20,3	21,39	21,63	22
65.	1,67	3,96	4,68	5	6,49	7,61	8,05	8,79	9,69	10,47	10,73	11,3	13	13,69	14,18	15,28	16	15,99	16,47	17,6	17,89	18,29	18,73	19,3	19,57	19,78	20,3	21,4	21,67	21,99
66.	1,68	3,85	4,69	5,1	6,49	7,61	7,99	8,89	9,68	10,5	10,79	11,31	13,1	13,68	14,17	15,24	15,9	15,98	1643	17,59	17,89	18,3	18,7	19,17	19,59	19,79	20,31	21,5	21,7	21,98
67.	1,68	3,85	4,68	5,13	6,48	7,63	7,89	8,89	9,69	10,52	10,78	11,26	12,94	13,7	14,17	15,22	15,94	15,9	16,47	17,52	17,9	18,39	18,92	19,1	19,6	19,78	20,36	21,47	21,78	21,99
68.	1,69	3,8	4,69	5,16	6,47	7,59	8,09	8,9	9,7	10,54	10,79	11,24	12,96	13,78	14,18	15,26	15,84	16,09	16,4	17,59	17,94	18,39	18,9	19,15	19,61	19,75	20,28	21,39	21,79	21,99
69.	1,69	3,8	4,67	5,17	6,47	7,57	8,1	8,9	9,8	10,47	10,78	11,2	12,97	13,78	14,19	15,23	15,8	16,09	16,47	17,54	17,94	18,21	18,89	19,18	19,63	19,72	20,25	21,37	21,65	21,98
70.	1,7	3,8	4,7	5,14	6,47	7,59	8	8,89	9,71	10,49	10,85	11,19	12,88	13,8	14,3	15,3	15,84	16,08	16,49	17,53	17,96	18,26	18,88	19,18	19,7	19,74	20,26	21,34	21,65	21,98
71.	1,71	3,84	4,7	5	6,49	7,6	8,1	8,9	9,72	10,47	10,89	11,17	12,89	13,81	14,31	15,4	15,86	16	16,48	17,59	17,89	18,25	18,78	19,2	19,57	19,8	20,2	21,33	21,63	21,99
72.	1,71	3,86	4,7	5,16	6,49	7,59	8,1	9	9,69	10,49	10,79	11,17	12,89	13,8	14,1	15,36	15,89	16,1	16,48	17,59	17,85	18,3	18,79	19,2	19,59	19,82	20,4	21,36	21,61	22
73.	1,69	3,76	4,68	5,1	6,5	7,59	8,06	9	9,67	10,49	10,78	11,19	12,89	13,81	14,18	15,32	15,84	16,2	16,49	17,58	17,86	18,3	18,78	19,21	19,59	19,84	20,41	21,35	21,6	22,1
74.	1,69	3,78	4,68	5,2	6,51	7,58	8,02	8,79	9,67	10,5	10,8	11,2	12,9	13,67	14,17	15,3	15,86	15,99	16,48	17,55	17,9	18,27	18,78	19,18	19,58	19,84	20,24	21,39	21,7	22,09
75.	1,69	3,78	4,69	5,16	6,51	7,61	8,03	8,78	9,69	10,61	10,8	11,19	12,87	13,67	14,17	15,29	15,89	16,08	16,47	17,56	18	18,27	18,79	19,19	19,67	19,85	20,28	21,38	21,8	22,08
76.	1,7	3,98	4,69	5,19	6,51	7,61	8,1	8,78	9,69	10,5	10,79	11,18	12,84	13,69	14,19	15,27	15,89	16,05	16,5	17,7	18,05	18,24	18,79	19,17	19,58	19,78	20,29	21,38	21,79	22,09
77.	1,7	3,98	4,69	5,19	6,52	7,59	7,99	8,9	9,69	10,49	10,78	11,3	12,86	13,69	14,18	15,28	15,19	16,15	16,5	17,6	17,8	18,22	18,79	19,17	19,57	19,79	20,29	21,38	21,86	21,98
78.	1,69	3,9	4,69	5,01	6,52	7,59	8,12	8,96	9,7	10,47	10,79	11,2	12,9	13,69	14,1	15,2	16	16,14	16,51	17,6	17,83	18,23	18,78	19,18	19,59	19,78	20,29	21,37	21,65	21,99
79.	1,69	3,9	4,67	5,09	6,49	7,58	8,15	8,91	9,7	10,48	10,79	11,21	13	13,68	14,3	15,3	16,01	16,13	16,51	17,63	17,86	18,29	18,76	19,19	19,58	19,78	20,28	21,38	21,64	21,98
80.	1,69	4	4,65	4,98	6,48	7,56	8,1	8,79	9,68	10,47	10,79	11,31	13,1	13,67	14,26	15,4	16	16,1	16,6	17,64	17,89	18,28	18,7	19,2	19,6	19,79	20,26	21,37	21,63	22,09
81.	1,68	4	4,65	4,98	6,47	7,59	8,09	8,79	9,67	10,49	10,8	11,2	12,89	13,6	14,27	15,4	16,03	16,09	16,59	17,63	17,88	18,29	18,9	19,3	19,63	19,79	20,24	21,32	21,69	22,05
82.	1,67	4,1	4,68	4,89	6,47	7,59	8,08	8,8	9,67	10,5	10,8	11,19	12,88	13,65	14,18	15,29	16,1	15,99	16,47	17,68	17,89	18,3	18,92	19,18	19,66	19,79	20,25	21,33	21,68	21,08
83.	1,68	3,98	4,69	4,78	6,49	7,6	8,08	8,9	9,69	10,51	10,8	11,19	12,87	13,67	14,19	15,28	15,89	15,98	16,47	17,58	17,9	18,34	18,78	19,18	19,57	19,78	20,26	21,5	21,68	22,1
84.	1,69	3,9	4,69	4,76	6,5	7,61	8,09	8,85	9,7	10,56	10,81	11,18	12,87	13,68	14,19	15,27	15,9	16,1	16,49	17,59	17,9	18,28	18,74	19,17	19,59	19,7	20,31	21,51	21,69	21,95
85.	1,65	3,8	4,7	5,01	6,5	7,61	8,1	8,86	9,7	10,54	10,79	11,17	12,85	13,8	14,17	15,39	15,9	16,09	16,5	17,59	17,8	18,29	18,76	19,2	19,58	19,8	20,31	21,46	21,69	21,96
86.	1,67	3,87	4,7	5,12	6,49	7,59	8	8,93	9,69	10,47	10,79	11,18	12,86	13,8	14,15	15,28	15,89	16,08	16,47	17,58	17,86	18,29	18,74	19,2	19,59	19,85	20,36	21,37	21,68	21,97
87.	1,68	3,87	4,71	5,12	6,58	7,59	7,98	8,97	9,68	10,49	10,78	11,19	12,84	13,81	14,17	15,29	15,9	16,13	16,49	17,54	17,85	18,28	18,79	19,18	19,58	19,84	20,34	21,34	21,7	21,96
88.	1,67	3,87	4,71	5,2	6,53	7,58	7,99	8,79	9,8	10,49	10,74	11,19	12,8	13,7	14,2	15,24	15,87	16,15	16,48	17,56	17,89	18,3	18,8	19,18	19,59	19,83	20,34	21,38	21,7	21,93
89.	1,65	3,98	4,71	5,13	6,49	7,59	8,06	8,78	9,71	10,5	10,79	11,19	12,9	13,75	14,2	15,236	15,87	16	16,4	17,55	17,88	18,41	18,8	19,2	19,7	19,74	20,29	21,39	21,68	22
90.	1,69	3,98	4,71	5,1	6,48	7,59	8,03	8,9	9,69	10,49	10,78	11,2	12,91	13,7	14,3	15,26	15,86	16,1	16,5	17,6	17,87	18,27	18,8	19,2	19,58	19,9	20,28	21,39	21,69	22,01
91.	1,69	3,9	4,7	5	6,5	7,59	8,09	8,9	9,71	1,48	10,79	11,21	12,94	13,67	14,31	15,38	15,9	16,09	16,47	17,6	17,9	18,29	18,9	19,21	19,55	19,79	20,27	21,38	21,69	21,99
92.	1,69	4	4,69	4,98	6,5	7,58	8,09	8,88	9,73	10,5	10,8	11,23	12,98	13,65	14,18	15,39	15,9	16,08	16,43	17,63	17,89	18,29	18,78	19,17	19,57	19,78	20,28	21,3	21,69	21,96
93.	1,7	3,9	4,69	4,79	6,51	7,59	8	8,78	9,76	10,6	10,8	11,3	13	13,64	14,17	15,29	15,96	16,1	16,49	17,62	17,89	18,29	18,7	19,14	19,52	19,74	20,29	21,37	21,68	21,98
94.	1,71	3,89	4,69	4,89	6,51	7,6	8,1	8,89	9,78	10,61	10,79	11,17	13	13,6	14,15	15,28	15,94	15,99	16,48	17,7	18,06	18,3	18,79	19,12	19,5	19,78	20,27	21,4	21,7	21,97
95.	1,72	3,87	4,68	4,97	6,49	7,61	8,1	8,96	9,73	10,5	10,78	11,17	13	13,7	14,16	15,4	16	15,98	16,47	17,59	18,04	18,4	18,79	19,16	19,51	19,8	20,28	21,4	21,7	21,96
96.	1,7	3,87	4,68	4,98	6,49	7,63	8,12	8,91	9,7	10,58	10,77	11,19	12,9	13,7	14,13	15,3	16,03	16,08	16,5	17,58	18,03	18,4	18,78	19,14	19,59	19,894	20,28	21,38	21,63	21,98
97.	1,72	3,9	4,69	4,78	6,49	7,59	7,98	8,9	9,69	10,51	10,75	11,19	12,89	13,7	14,1	15,3	16,02	16,09	16,6	17,59	17,9	18,2	18,74	19,1						

Таблиця Г.4 – Визначення діаметру *Acer platanoides* за групами віку в КЕЗТ захисного типу на длянці колії Львів – Стрий

№ з/п	Дерева за групами віку																													
	3	5	8	11	14	17	20	23	26	29	32	35	38	41	44	47	50	53	56	59	62	65	68	71	74	77	80	83	85	88
1.	0,09	1,4	1,8	2,1	5,3	6,9	8,6	9,1	9,8	10,2	10,4	11,9	13,8	14,6	15,1	16,2	17,3	17,7	18,9	19,7	20,3	20,7	21,9	22,4	23,5	24,1	24,7	25,3	25,8	27,2
2.	0,09	1,42	1,7	2	5,2	7	8,7	9	9,71	10,3	10,3	11,8	13,7	14,59	15	16,1	17,2	17,6	19	19,8	20,2	20,7	21,88	22,41	23,48	24,1	24,8	25,2	25,86	27,2
3.	0,09	1,42	1,7	2,2	5,29	7	8,52	9	9,86	10,11	10,39	11,89	13,76	14,58	15,12	16,19	17,31	17,69	19,02	19,72	20,2	20,7	21,87	22,46	23,49	24,09	24,81	25,2	25,9	27,2
4.	0,09	1,42	1,73	2,09	5,27	6,89	8,6	8,99	9,7	10,2	10,38	11,89	13,81	14,53	15,13	16,18	17,29	17,68	19,01	19,77	20,29	20,69	21,8	22,47	23,49	24,2	24,8	25,27	25,79	27,14
5.	0,08	1,39	1,74	2,08	5,29	6,89	8,61	9,11	9,82	10,27	10,38	11,99	13,82	14,56	15,14	16,18	17,28	17,68	19,01	19,79	20,29	20,67	21,8	22,5	23,55	24,09	24,69	25,32	25,83	27,3
6.	0,08	1,39	1,75	2,09	5,27	6,87	8,5	9,12	9,83	10,12	10,37	11,87	13,9	14,53	15,2	16,19	17,29	17,72	18,85	19,71	20,29	20,6	21,89	22,45	23,4	24,1	24,69	25,4	25,8	27,27
7.	0,09	1,38	1,78	2,09	5,4	6,87	8,52	9,18	9,9	10,15	10,38	11,89	13,75	14,7	15,09	16,17	17,3	17,61	18,86	19,6	20,31	20,77	21,89	22,4	23,4	24,09	24,67	25,29	25,81	27,1
8.	0,08	1,39	1,78	2,08	5,32	6,8	8,68	9,1	9,86	10,16	10,39	11,9	13,84	14,63	15,09	16,17	17,3	17,77	18,8	19,68	20,28	20,8	21,89	22,35	23,6	24,09	24,68	25,28	25,77	27,3
9.	0,09	1,38	1,79	2,07	5,27	7,1	8,53	9	9,83	10,28	10,4	11,93	13,9	14,69	15,08	16,3	17,26	17,8	18,91	19,77	20,29	20,72	21,9	22,37	23,57	24,09	24,63	25,36	25,7	27,25
10.	0,09	1,3	1,79	2	5,4	7,09	8,7	8,99	9,89	10,24	10,5	11,95	13,79	14,62	15,14	16,21	17,2	17,73	18,92	19,61	20,2	20,64	21,9	22,45	23,48	24,08	24,64	25,2	25,9	27,19
11.	0,1	1,4	1,79	2,08	5,3	7,01	8,7	9,18	9,9	10,17	10,42	11,97	13,78	14,5	15,17	16,21	17,34	17,6	19	19,7	20,39	20,61	21,89	22,33	23,42	24,09	24,69	25,21	25,72	27,24
12.	0,1	1,5	1,78	2,06	5,2	7,02	8,59	9,12	9,85	10,19	10,48	11,8	13,8	14,51	15,16	16,21	17,29	17,62	19	19,8	20,4	20,7	21,84	22,3	23,45	24,08	24,82	25,54	25,81	27,2
13.	0,08	1,42	1,74	2,02	5,27	7,01	8,56	9,1	9,81	10,25	10,42	11,93	13,8	14,5	15,2	16,21	17,3	17,67	18,87	19,72	20,36	20,73	21,84	22,4	23,56	24,09	24,81	25,4	25,9	27,1
14.	0,08	1,45	1,76	2	5,19	6,8	8,62	9,15	9,8	10,27	10,44	11,97	13,7	14,59	15,12	16,18	17,36	17,63	18,86	19,78	20,28	20,68	21,83	22,38	23,52	24,1	24,81	25,27	25,72	27,18
15.	0,08	1,34	1,76	2,07	5,28	6,89	8,867	9,2	9,9	10,12	10,38	11,89	13,81	14,58	15,09	16,19	17,38	17,65	18,85	19,73	20,24	20,69	21,85	22,39	23,4	24,15	24,81	25,33	25,88	27,12
16.	0,09	1,36	1,8/2	2,1	5,44	7,02	8,69	9	9,75	10,16	10,32	11,86	13,9	14,59	15,18	16,2	17,39	17,73	18,9	19,68	20,28	20,7	21,83	22,45	23,5	24,16	24,7	25,34	25,7	27,3
17.	0,1	1,38	1,86	2,08	5,25	6,89	8,6	8,99	9,81	10,11	10,34	11,9	13,81	14,58	15	16,2	17,4	17,7	18,92	19,65	20,33	20,67	21,85	22,47	23,5	24,17	24,7	25,37	25,82	27,26
18.	0,1	1,37	1,84	2,05	5,2	6,87	8,7	8,97	9,82	10,25	10,38	12	13,86	14,6	15,18	16,23	17,24	17,8	18,94	19,6	20,3	20,79	21,8	22,49	23,42	24,19	24,69	25,3	25,8	27,2
19.	0,1	1,38	1,82	2,1	5,37	6,82	8,68	9,1	9,75	10,3	10,39	11,97	13,72	14,63	15,19	26,25	17,4	17,75	19	19,62	20,28	20,6	21,9	22,39	23,47	24,18	24,65	25,4	25,81	27,28
20.	0,09	1,39	1,9	2,06	5,21	6,88	8,54	9,14	9,78	10,21	10,38	11,91	13,78	14,67	15,1	16,29	17,25	17,79	18,87	19,69	20,27	20,63	21,89	22,38	23,57	24,2	24,67	25,27	25,79	27,24
21.	0,09	1,35	1,8	2,08	5,4	7,05	8,59	9,18	9,85	10,28	10,39	11,86	13,82	14,69	15,09	16,3	17,29	17,62	18,63	19,64	20,2	20,65	21,83	22,39	23,5	24,08	24,37	25,29	25,9	27,29
22.	0,1	1,36	1,74	2,08	5,32	6,82	8,52	9,2	9,9	10,27	10,38	11,87	13,9	14,7	15,08	16,31	17,2	17,6	18,87	19,61	20,4	20,6	21,85	22,38	23,4	24,09	24,8	25,22	25,84	27,3
23.	0,09	1,37	1,76	2	5,3	7	8,6	9,17	9,83	10,21	10,4	11,82	13,8	14,7	15,06	16,28	17,36	17,63	18,88	19,72	20,36	20,72	22	22,44	23,6	23,9	24,78	25,21	25,75	27,2
24.	0,08	1,38	1,79	2,09	5,29	6,88	8,63	9,11	9,81	10,18	10,4	11,99	13,78	14,71	15,13	16,19	17,34	17,7	18,93	19,77	20,33	20,72	22	22,47	23,5	24,09	24,75	25,2	25,82	27,1
25.	0,08	1,39	1,78	2,1	5,36	6,82	8,64	9,1	9,87	10,3	10,5	11,9	13,79	14,52	15,2	16,19	17,32	17,8	18,95	19,66	20,29	20,78	21,87	22,49	23,52	24,08	24,8	25,34	25,76	27,19
26.	0,08	1,5	1,79	2	5,29	6,89	8,7	8,99	9,82	10,22	10,51	11,97	13,8	14,58	15,09	16,18	17,36	17,79	18,9	19,8	20,2	20,63	21,88	22,4	23,49	24,2	24,63	25,39	25,7	27,14
27.	0,08	1,39	1,78	2,05	5,28	7,02	8,54	8,98	9,76	10,17	10,51	11,87	13,83	14,62	15,09	16,18	17,29	17,63	18,8	19,6	20,3	20,6	21,9	22,48	23,45	24,18	24,68	25,22	25,87	27,3
28.	0,09	1,38	1,79	2,2	5,37	6,81	8,59	9	9,75	10,17	10,48	11,81	13,85	14,7	15	16,3	17,3	17,69	18,86	19,67	20,31	20,65	21,82	22,5	23,57	24,17	24,68	25,37	25,89	27,26
29.	0,09	1,39	1,78	2,08	5,31	7,03	8,58	9,1	9,7	10,25	10,45	11,95	13,9	14,53	15,11	16,21	17,25	17,7	18,87	19,69	20,36	20,61	21,84	22,4	23,4	24,17	24,69	25,27	25,72	27,18
30.	0,1	1,38	1,8	2,07	5,42	6,89	8,7	9,11	9,72	10,28	10,46	11,96	13,79	14,56	15,01	16,24	17,2	17,74	18,39	19,72	20,37	20,71	21,89	22,38	23,42	24,09	24,67	25,3	25,8	27,13
31.	0,09	1,39	1,81	2,06	5,18	6,92	8,64	9,15	9,87	10,1	10,38	11,92	13,81	14,5	15,02	16,2	17,22	17,71	19	19,77	20,24	20,7	21,85	22,42	23,49	24,08	24,69	25,3	25,8	27,11
32.	0,09	1,38	1,86	2,09	5,25	6,97	8,63	9,17	9,78	10,19	10,37	11,9	13,87	14,62	15,13	16,18	17,24	17,65	18,99	19,7	20,34	20,78	21,83	22,4	23,56	24,09	24,67	25,2	25,72	27,3
33.	0,08	1,39	1,84	2,09	5,37	6,88	8,59	9,2	9,75	10,18	10,39	12	13,78	14,63	15,18	16,11	17,3	17,68	18,87	19,76	20,29	20,61	21,9	22,48	23,5	24,09	24,69	25,23	25,74	27,1
34.	0,08	1,32	1,9	2,05	5,3	6,92	8,61	9,2	9,81	10,27	10,38	12	13,7	14,52	15,2	16,1	17,34	17,6	18,99	19,62	20,33	20,75	22	22,39	23,6	24,09	24,7	25,4	25,9	27,18
35.	0,08	1,36	1,7	2,1	5,35	7	8,63	9,11	9,76	10,13	10,38	11,8	13,81	14,53	15	16,24	17,29	17,67	19	19,67	20,35	20,63	21,8	22,36	23	24,09	24,75	25,27	25,77	27,25
36.	0,09	1,35	1,7	2,07	5,33	7,07	8,61	9,17	9,78	10,2	10,37	11,8	13,85	14,57	15,03	16,28	17,4	17,61	18,91	19,7	20,38	20,71	21,86	22,39	23,5	24,09	24,78	25,29	25,86	27,23
37.	0,09	1,34	1,79	2,06	5,2	7,09	8,65	8,99	9,81	10,24	10,4	11,82	13,9	14,6	15,08	16,24	17,33	17,8	18,95	19,74	20,27	20,65	21,85	22,32	23,58	24,1	24,79	25,4	25,82	27,2
38.	0,1	1,34	1,79	2,2	5,41	7,1	8,53	8,98	9,85	10,27	10,41	11,85	13,86	14,68	15,12	16,27	17,26	17,65	18,88	19,65	20,22	20,6	21,89	22,37	23,48	24,1	24,62	25,3	25,7	27,19
39.	0,12	1,3	1,7	2,1	5,16	6,89	8,54	9	9,8	10,11	10,42	11,96	13,87	14,7	15,14	16,28	17,2	17,72	18,87	19,69	20,2	20,72	21,97	22,4	23,41	24,2	24,67	25,25	25,777	27,3
40.	0,09	1,36	1,78	2,09	5,29	6,93	8,56	9,11	9,83	10,09	10,5	11,97	13,76	14,52	15,09	16,18	17,3	17,78	18,8	19,6	20,33	20,63	21,9	22,37	23,57	24,12	24,8	25,31	25,78	27,12
41.	0,12	1,39	1,78	2,08	5,38	6,85	8,52	9,12	9,9	10,1	10,41	11,82	13,72	14,67	15,1	16,12	17,29	17,8	18,92	19,75	20,27	20,71	21,9	22,48	23,4	24,18	24,82	2		

Продовження таблиці Г.4

56.	0.09	1,41	1,89	2,08	5,23	7,1	8,67	9,09	9,86	10,22	10,37	11,91	13,84	14,68	15,19	16,24	17,29	17,71	18,94	19,76	20,3	20,8	21,89	22,38	23,5	24	24,67	25,27	25,9	27,26
57.	0.09	1,46	1,84	2,08	5,37	7,11	8,66	9,08	9,79	10,08	10,4	11,92	13,85	14,7	15,18	16,222	17,2	17,74	18,97	19,73	20,27	20,62	22	22,38	23,57	24,2	24,67	25,25	25,8	27,25
58.	0.08	1,47	1,74	2,05	5,28	6,99	8,59	9	9,9	10,07	10,4	11,98	13,89	14,58	15,18	16,27	17,25	17,74	18,98	19,8	20,31	20,71	21,94	22,38	23,6	24,2	24,69	25,26	25,7	27,26
59.	0.08	1,49	1,8	2,2	5,42	6,92	8,57	9,03	9,86	10,21	10,41	11,9	13,8	14,62	15,11	16,22	17,36	17,74	18,91	19,75	20,3	20,75	21,8	22,4	23,5	24,16	24,69	25,31	25,8	27,2
60.	0.09	1,39	1,7	2,05	5,4	6,95	8,7	9,05	9,81	10,17	10,42	11,82	13,81	14,57	15,12	16,2	17,29	17,69	18,86	19,77	20,26	20,77	21,89	22,3	23,59	24,15	24,68	25,24	25,74	27,21
61.	0.1	1,38	1,17	2,01	5,21	6,98	8,61	9,1	9,7	10,12	10,43	11,93	13,79	14,5	15	16,15	17,2	17,7	18,8	19,69	20,35	20,76	21,98	22,39	23,42	24,2	24,7	25,31	25,7	27,3
62.	0.1	1,37	1,75	2,01	5,36	7,07	8,62	9,11	9,79	10,25	10,5	11,8	13,79	14,7	15,09	16,18	17,38	17,61	18,82	19,72	20,32	20,73	21,95	22,37	23,51	24,17	24,7	25,3	25,73	27,13
63.	0.09	1,37	1,76	2,09	5,25	7,02	8,56	9,06	9,79	10,19	10,38	11,89	13,82	14,68	15,08	16,3	17,32	17,68	18,87	19,7	20,4	20,65	21,98	22,42	23,48	24,08	24,8	25,35	25,81	27,19
64.	0.09	1,39	1,79	2,09	5,33	7,01	8,58	9,11	9,85	10,19	10,36	11,86	13,88	14,63	15,01	16,27	17,4	17,6	18,9	19,72	20,28	20,63	21,8	22,46	23,49	24,09	24,82	25,31	25,87	27,28
65.	0.08	1,38	1,79	2,2	5,24	7	8,59	9,08	9,8	10,1	10,32	11,93	13,77	14,6	15,19	16,11	17,38	17,63	18,91	19,6	20,29	20,7	21,82	22,36	23,4	24,09	24,82	25,4	25,8	27,3
66.	0.08	1,38	1,74	2,1	5,28	7,02	8,63	9,09	9,81	10,2	10,31	11,9	13,7	14,51	15,2	16,19	17,25	17,65	18,97	19,78	20,23	20,61	21,92	22,37	23,6	24,09	24,7	25,28	25,72	27,1
67.	0.09	1,39	1,73	2,09	5,17	6,95	8,55	9,03	9,9	10,28	10,4	11,99	13,86	14,59	15,16	16,25	17,2	17,76	19	19,8	20,31	20,67	21,88	22,44	23,5	24,08	24,79	25,24	25,9	27,14
68.	0.09	1,39	1,75	2,05	5,3	6,98	8,7	9,1	9,85	10,29	10,45	11,87	13,82	14,5	15,03	16,27	17,25	17,78	19	19,73	20,37	20,7	21,8	22,47	23,47	24,09	24,71	25,28	25,84	27,13
69.	0.1	1,5	1,18	2,07	5,35	6,92	8,62	9	9,87	10,3	10,44	11,93	13,9	14,63	15,07	16,2	17,26	17,8	18,81	19,63	20,4	20,61	21,9	22,37	23,54	24,08	24,76	25,4	25,9	27,11
70.	0.09	1,4	1,9	2,08	5,4	7,1	8,49	9,2	9,76	10,16	10,34	11,86	13,78	14,61	15,03	16,17	17,24	17,71	18,85	19,67	20,2	20,71	21,86	22,48	23,55	24,09	24,78	25,37	25,77	27,26
71.	0.08	1,4	1,9	2,07	5,39	7,09	8,51	9,01	9,79	10,18	10,39	11,9	13,85	14,57	15,12	16,23	17,21	17,64	18,8	19,73	20,26	20,78	21,93	22,5	23,5	24	24,77	25,37	25,69	27,3
72.	0.09	1,4	1,85	2,09	5,27	7,05	8,59	9,07	9,7	10,28	10,37	11,87	13,76	14,5	15,1	16,1	17,33	17,61	18,86	19,7	20,37	20,7	22	22,31	23,52	24,1	24,69	25,32	25,72	27,2
73.	0.09	1,38	1,86	2,1	5,19	6,94	8,62	9,14	9,79	10,3	10,39	11,83	13,8	14,52	15,16	16,1	17,36	17,69	18,91	19,77	20,3	20,65	21,87	22,4	23,49	24,1	24,67	25,21	25,7	27,16
74.	0.1	1,39	1,78	2	5,41	6,92	8,67	9,16	9,75	10,11	10,36	11,81	13,89	14,6	15,2	16,19	17,29	17,67	18,97	19,64	20,32	20,69	21,92	22,49	23,57	24	24,68	25,24	25,84	27,1
75.	0.1	1,34	1,789	2,07	5,36	6,98	8,53	9,18	9,82	10,12	10,34	11,92	13,81	14,7	15,19	16,25	17,3	17,67	18,9	19,78	20,4	20,63	21,9	22,44	23,56	24,2	24,68	25,31	25,81	27,28
76.	0.12	1,36	1,7	2,08	5,28	6,9	8,6	9,2	9,81	10,19	10,4	11,99	13,9	14,62	15,07	16,21	17,26	17,69	19	19,72	20,29	20,71	21,95	22,33	23,51	24,2	24,68	25,26	25,9	27,2
77.	0.13	1,35	1,79	2,09	5,41	7,08	8,68	9	9,79	10,14	10,5	12	13,85	14,61	15,13	16,2	17,28	17,6	18,85	19,8	20,25	20,74	21,84	22,3	23,5	24,15	24,61	25,25	25,7	27,2
78.	0.09	1,5	1,72	2,1	5,37	7	8,63	9,02	9,78	10,26	10,39	11,93	13,75	14,52	15,05	16,23	17,23	17,62	18,87	19,67	20,3	20,8	21,87	22,42	23,4	24,17	24,63	25,29	25,89	27,1
79.	0.09	1,46	1,76	2,05	5,39	7,02	8,57	9,07	9,88	10,28	10,38	11,85	13,71	14,58	15,09	16,17	17,2	17,72	18,85	19,68	20,31	20,63	21,88	22,48	23,6	24,16	24,67	25,37	25,73	27,18
80.	0.08	1,48	1,78	2,08	5,13	6,93	8,69	9,05	9,82	10,2	10,4	11,85	13,9	14,53	15,1	16,28	17,4	17,8	18,9	19,64	20,29	20,67	21,83	22,38	23,51	24,2	24,67	25,3	25,89	27,29
81.	0.09	1,42	1,74	2,07	5,42	6,95	8,6	9,1	9,71	10,25	10,4	11,89	13,78	14,61	15,02	16,21	17,28	17,63	18,91	19,68	20,39	20,7	21,88	22,37	23,6	24,09	24,69	25,31	25,71	27,26
82.	0.09	1,47	1,73	2,2	5,26	7	8,54	9,15	9,82	10,2	10,5	11,9	13,76	14,65	15,07	16,28	17,24	17,6	18,95	19,74	20,27	20,69	22	22,43	23,4	24,08	24,7	25,31	25,83	27,3
83.	0.08	1,38	1,74	2,2	5,39	7,03	8,59	9,18	9,9	10,17	10,3	11,85	13,76	14,6	15,03	16,19	17,3	17,57	18,97	19,77	20,33	20,68	21,9	22,48	23,57	24,08	24,7	25,39	25,86	27,24
84.	0.1	1,39	1,9	2,09	5,22	7,04	8,6	9	9,76	10,19	10,38	11,96	13,81	14,67	15,16	16,15	17,34	17,73	18,94	19,62	20,27	20,68	21,9	22,4	23,45	24,07	24,8	25,4	25,8	27,1
85.	0.12	1,32	1,8	2,06	5,24	6,98	8,53	9,1	9,91	10,16	10,39	11,97	13,86	14,68	15,07	16,1	17,28	17,78	18,8	19,78	20,29	20,71	21,94	22,4	23,56	24	24,81	25,24	25,9	27,16
86.	0.09	1,3	1,84	2,1	5,22	7,09	8,57	9,08	9,83	10,1	10,37	11,82	13,86	14,7	15	16,23	17,4	17,64	18,95	19,8	20,22	20,77	21,85	22,47	23,5	24,2	24,7	25,37	25,87	27,29
87.	0.08	1,35	1,81	1,99	5,19	7,02	8,59	9,04	9,72	10,21	10,36	11,91	13,87	14,5	15,08	16,14	17,35	17,61	18,91	19,6	20,2	20,72	21,83	22,5	23,5	24,01	24,69	25,3	25,79	27,2
88.	0.09	1,36	1,81	1,98	5,36	6,9	8,7	9,01	9,72	10,27	10,37	11,87	13,88	14,68	15,09	16,16	17,26	17,62	18,95	19,8	20,31	20,7	21,88	22,46	23,42	23,9	24,67	25,25	25,72	27,27
89.	0.09	1,34	1,81	2,09	5,3	7,02	8,69	9,15	9,7	10,29	10,37	11,87	13,7	14,59	15,12	16,2	17,27	17,71	18,8	19,72	20,3	20,68	21,9	22,38	23,47	23,9	24,68	25,33	25,9	27,1
90.	0.09	1,39	1,7	2,09	5,2	7,1	8,67	9,06	9,83	10,1	10,39	11,83	13,75	14,52	15,06	16,11	17,2	17,7	19	19,64	20,36	20,65	21,8	22,39	23,52	24,2	24,69	25,31	25,82	27,21
91.	0.08	1,38	1,79	2,1	5,22	7,05	8,63	9,05	9,81	10,19	10,38	11,98	13,78	14,63	15,18	16,23	17,23	17,68	18,89	19,63	20,32	20,74	22	22,39	23,58	24,2	24,68	25,2	25,89	27,24
92.	0.09	1,38	1,79	2,01	5,19	7,03	8,61	9,03	9,87	10,3	10,39	11,95	13,81	14,67	15,1	16,25	17,26	17,65	18,9	19,65	20,24	20,73	21,89	22,31	23,4	24,09	24,67	25,3	25,75	27,13
93.	0.09	1,38	1,79	2,08	5,41	7,08	8,62	9,15	9,82	10,17	10,38	11,82	13,83	14,7	15,01	16,2	17,31	17,68	18,98	19,73	20,27	20,8	21,92	22,41	23,5	24,09	24,69	25,29	25,7	27,1
94.	0.09	1,39	1,74	2,11	5,31	6,91	8,58	9,12	9,78	10,3	10,34	11,81	13,9	14,61	15,08	16,17	17,35	17,6	18,84	19,78	20,2	20,71	21,83	22,3	23,52	24,09	24,8	25,37	25,72	27,19
95.	0.08	1,38	1,76	2,05	5,29	6,9	8,49	9,16	9,82	10,18	10,4	11,8	13,72	14,56	15,2	16,1	17,3	17,73	18,93	19,61	20,28	20,78	21,8	22,5	23,	24,08	24,81	25,22	25,81	27,28
96.	0.1	1,38	1,77	2,01	5,38	6,95	8,5	9,05	9,85	10,29	10,45	11,95	13,79	14,58	15,16	16,29	17,33	17,78	18,86	19,66	20,35	20,63	21,84	22,4	43	24,06	24,81	25,27	25,76	27,28
97.	0.12	1,4	1,74	2,19	5,24	6,98	8,61	9,08	9,9	10,2	10,47	11,9	13,81	14,53	15,08	16,2	17,28	17,7	18,87	19,68	20									

Продовження таблиці Г.4

116.	0,09	1,37	1,79	2,2	5,25	6,97	8,69	9,15	9,78	10,3	10,38	11,81	13,71	14,53	15,07	16,21	17,26	17,73	18,95	19,63	20,2	20,74	21,9	22,48	23,46	24	24,82	25,39	25,89	27,1
117.	0,08	1,39	1,79	2,14	5,29	6,95	8,58	9,17	9,86	10,22	10,5	11,9	13,71	14,7	15,1	16,22	17,38	17,75	18,84	19,74	20,31	20,8	21,88	22,44	23,45	24	24,65	25,3	25,71	27,28
118.	0,1	1,38	1,7	2,05	5,31	7	8,54	9,18	9,77	10,15	10,47	11,97	13,72	14,52	15,02	16,1	17,34	17,8	19	19,76	20,3	20,75	22	22,45	23,5	24,1	24,63	25,3	25,7	27,24
119.	0,1	1,36	1,79	2,17	5,16	7,1	8,61	9,07	9,78	10,25	10,42	11,91	13,84	14,68	15	16,17	17,28	17,71	18,89	19,67	20,39	20,61	21,92	22,39	23,48	24,15	24,67	25,3	25,85	27,2
120.	0,12	1,38	1,7	2,09	5,27	7,02	8,57	9,03	9,89	10,24	10,48	12	13,71	14,61	15,16	16,11	17,34	17,7	18,87	19,63	20,2	20,65	21,84	22,38	23,54	24,16	24,69	25,4	25,83	27,12
121.	0,12	1,39	1,78	2,07	5,24	7,08	8,62	9	9,77	10,28	10,38	11,84	13,85	14,57	15,19	16,25	17,3	17,64	18,82	19,6	20,4	20,67	21,83	22,39	23,51	24,17	24,63	25,37	25,9	27,11
122.	0,09	1,39	1,71	2,08	5,29	7,08	8,7	9,07	9,85	10,29	10,32	11,89	13,79	14,52	15	16,28	17,3	17,6	19	19,8	20,31	20,7	21,8	22,5	23,42	24	24,8	25,28	25,83	27,29
123.	0,08	1,38	1,72	2,06	5,37	6,95	8,62	9,09	9,8	10,2	10,39	11,83	13,7	14,56	15,09	16,14	17,35	17,65	19	19,72	20,28	20,74	21,9	22,38	23,4	24,09	24,7	25,37	25,7	27,28
124.	0,09	1,38	1,79	2,16	5,39	7,1	8,53	9,2	9,7	10,2	10,38	11,8	13,79	14,62	15,12	16,15	17,35	17,72	18,96	19,73	20,33	20,74	21,91	22,4	23,5	24,08	24,69	25,31	25,8	27,2
125.	0,09	1,4	1,74	2,08	5,25	6,97	8,6	9,07	9,81	10,17	10,37	11,87	13,82	14,7	15,02	16,2	17,35	17,65	18,85	19,7	20,25	20,7	21,86	22,35	23,47	23,9	24,69	25,25	25,87	27,21
126.	0,1	1,42	1,8	2,07	5,27	7,05	8,67	9,1	9,75	10,25	10,34	11,9	13,7	14,5	15,2	16,24	17,2	17,68	18,88	19,62	20,2	20,62	21,8	22,31	23,51	23,99	24,68	25,36	25,9	27,18
127.	0,09	1,39	1,81	2,1	5,38	7,01	8,61	9,09	9,77	10,11	10,38	11,92	13,86	14,51	15,09	16,23	17,28	17,7	19	19,67	20,24	20,68	21,93	22,5	23,6	23,89	24,67	25,36	25,72	27,1
128.	0,09	1,42	1,84	2,12	5,36	6,95	8,58	9,03	9,83	10,14	10,5	11,91	13,72	14,63	15,11	16,21	17,36	17,72	18,9	19,7	20,35	20,69	21,87	22,37	23,49	24,09	24,67	25,32	25,78	27,25
129.	0,09	1,42	1,89	2,05	5,41	6,93	8,51	9,12	9,85	10,3	10,51	11,95	13,8	14,68	15,06	16,28	17,38	17,78	18,9	19,74	20,3	20,6	21,92	22,33	23,44	24,09	24,68	25,27	25,7	27,29
130.	0,1	1,47	1,9	2,2	5,18	6,99	8,65	9,18	9,78	10,27	10,39	12	13,79	14,7	15,01	16,3	17,4	17,6	18,85	19,6	20,37	20,71	22	22,4	23,57	24	24,8	25,2	25,73	27,21
131.	0,1	1,38	1,78	2,18	5,21	7,1	8,62	9,02	9,74	10,28	10,39	11,93	13,8	14,52	15	16,1	17,4	17,7	18,93	19,71	20,31	20,76	21,89	22,47	23,5	24,1	24,69	25,31	25,78	27,18
132.	0,09	1,37	1,79	2,07	5,36	7,09	8,65	9,17	9,75	10,29	10,38	11,91	13,82	14,57	15,13	16,2	17,25	17,67	18,96	19,8	20,4	20,7	21,82	22,42	23,44	24,16	24,67	25,4	25,81	27,24
133.	0,08	1,32	1,74	2,08	5,32	7,08	8,67	9,2	9,86	10,16	10,36	11,8	13,76	14,6	15,2	16,12	17,32	17,72	18,8	19,78	20,27	20,77	21,9	22,3	23,56	24,19	24,65	25,29	25,9	27,24
Дсеп' м	0,07	0,1	0,6	1,1	1,9	3,5	5,3	5,7	6,3	6,9	8,6	9,2	13,4	14,6	17,2	18,8	19,2	20,1	22,6	24,2	25,9	26,3	27,4	29,8	31,6	33,5	34,7	34,8	34,9	35,1

Таблиця Г.5 – Визначення висоти *Acer platanoides* за групами віку в КЕЗТ захисного типу на делянці колії Львів – Стрий

№ з/п	Дерева за групами віку																														
	3	5	8	11	14	17	20	23	26	29	32	35	38	41	44	47	50	53	56	59	62	65	68	71	74	77	80	83	85	88	
1.	1,1	1,5	1,7	2,4	3,1	4,7	5,3	5,6	6,1	7,1	7,8	8,4	9,3	11,1	12,7	13,1	13,8	14,7	15,5	16,4	16,9	17,4	18,3	18,9	19,1	19,7	21	21,2	21,1	21,7	
2.	1	1,5	1,8	2,38	3	4,7	5,28	5,5	6	7,2	7,7	8,38	9,28	11,09	12,6	13,1	13,9	14,7	15,5	16,43	16,9	17,35	18,2	18,83	19,08	19,61	21,01	21,2	21,1	21,7	
3.	1,2	1,49	1,8	2,3	3	4,7	5,29	5,58	6	7,08	7,68	8,42	9,31	11,06	12,6	13,1	13,85	14,64	15,58	16,3	17	17,32	18,29	19	19,08	19,63	21,07	21,21	21,09	21,68	
4.	1,09	1,48	1,68	2,35	3	4,68	5,24	5,57	6,2	7,09	7,7	8,37	9,3	11,02	12,64	13	13,83	14,63	15,4	16,42	16,81	17,38	18,28	18,89	19,07	19,7	21,1	21,3	21,08	21,67	
5.	1,08	1,47	1,65	2,36	3,11	4,69	5,3	5,53	6,1	7,03	7,69	8,41	9,29	11,1	12,73	13,09	13,81	14,7	15,42	16,39	16,93	17,33	18,24	18,87	19,1	19,68	20,9	21,19	21	21,66	
6.	1,09	1,48	1,66	2,33	3,17	4,62	5,3	5,54	6,09	7,2	7,71	8,38	9,27	11,1	12,7	13,07	13,9	14,7	15,48	16,4	16,91	17,48	18,21	18,84	19,1	19,67	20,8	21,19	21,09	21,65	
7.	1,08	1,47	1,67	2,3	3,2	4,6	5,4	5,61	6,07	7,12	7,74	8,4	9,33	11,1	12,68	13,02	13,7	14,68	15,49	16,38	16,9	17,4	18,31	18,9	19,12	19,66	20,8	21,2	21,08	21,64	
8.	1,09	1,46	1,67	2,5	3,09	4,6	5,4	5,67	6,08	7,13	7,78	8,39	9,38	11,12	12,63	13,08	13,7	14,61	15,5	16,39	16,92	17,41	18,34	19	19,13	19,65	20,8	21,18	21,12	21,7	
9.	1,09	1,4	1,72	2,42	3,08	4,7	5,28	5,57	6,12	7,05	7,8	8,36	9,35	11,1	12,69	13,19	13,77	14,79	15,5	16,31	16,87	17,49	18,3	18,93	19,17	19,7	20,7	21,17	21,2	21,63	
10.	1,08	1,48	1,77	2,37	3,01	4,71	5,38	5,6	6,12	7	7,76	8,31	9,2	11,2	12,77	13,11	13,84	14,69	15,5	16,35	16,8	17,35	18,3	18,95	19,09	19,71	21	21,23	21,2	21,8	
11.	1,2	1,44	1,71	2,31	3,03	4,66	5,27	5,6	6,15	7,08	7,84	8,4	9,3	11,08	12,7	13,17	13,73	14,8	15,58	16,44	16,88	17,39	18,3	18,87	19,01	19,7	21,1	21,21	20,08	21,68	
12.	1,12	1,6	1,72	2,3	3,08	4,63	5,31	5,6	6,18	7,02	7,85	8,4	9,36	11,02	12,7	13,12	13,79	14,71	15,46	16,48	16,82	17,37	18,35	18,9	19,08	19,7	21,09	21,25	20,07	21,68	
13.	1,13	1,6	1,73	2,4	3,07	4,62	5,33	5,63	6,09	7	7,86	8,34	9,27	11,07	12,78	13,07	13,78	14,73	15,42	16,47	16,93	17,5	18,38	18,89	19	19,72	21,07	21,09	20,09	21,69	
14.	1,17	1,53	1,66	2,4	3,09	4,7	5,35	5,62	6,08	7,1	7,88	8,4	9,21	11,19	12,68	13,08	13,74	14,75	15,6	16,45	16,9	17,34	18,32	18,81	19,08	19,73	21,01	21,2	20,09	21,73	
15.	1,15	1,48	1,68	2,41	3,1	4,6	5,37	5,67	6,07	7,1	7,77	8,45	9,28	11	12,69	13,06	13,72	14,69	15,48	16,44	17	17,33	18,4	18,8	19,07	19,68	21,02	21,2	21,11	21,72	
16.	1,09	1,49	1,69	2,43	3,15	4,6	5,38	5,5	6,05	7,03	7,73	8,48	9,29	11	12,73	13,07	13,8	14,66	15,43	16,49	16,87	17,35	18,4	18,8	19,17	19,8	20,9	21,18	21	21,72	
17.	1,02	1,48	1,7	2,47	3,12	4,8	5,4	5,54	6,18	7,17	7,8	8,36	9,27	11	12,74	13,12	13,8	14,7	15,5	16,36	16,82	17,38	18,28	18,93	19,2	19,62	20,98	21,17	21,1	21,69	
18.	1,1	1,4	1,8	2,4	3,14	4,68	5,4	5,63	6,2	7,17	7,78	8,39	9,25	11,1	12,79	13,14	13,8	14,7	15,42	16,5	16,85	17,39	18,21	18,91	19,1	19,68	20,95	21,1	21,08	21,6	
19.	1,06	1,45	1,8	2,38	3,2	4,72	5,35	5,58	6,2	7,08	7,88	8,32	9,4	11,06	12,71	13	13,83	14,69	15,51	16,38	16,8	17,5	18,27	18,94	19,1	19,65	20,91	21,13	21,11	21,61	
20.	1,02	1,53	1,8	2,33	3,17	4,67	5,38	5,55	6,19	7,09	7,9	8,5	9,31	11,05	12,73	13,2	13,87	14,71	15,6	16,39	16,84	17,38	18,2	18,97	19,12	19,61	20,93	21,23	21,07	21,65	
21.	1,2	1,52	1,68	2,38	3,08	4,66	5,28	5,51	6,2	7,2	7,89	8,31	9,38	11,12	12,7	13,08	13,71	14,7	15,53	16,4	16,92	17,4	18,31	18,81	19,15	19,6	20,92	21,27	21,08	21,63	
22.	1,2	1,54	1,64	2,37	3,09	4,75	5,2	5,6	6,08	7,19	7,71	8,45	9,33	11,14	12,6	13,07	13,79	14,73	15,58	16,4	16,98	17,45	18,22	19	19,04	19,71	21	21,25	21,03	21,6	
23.	1,09	1,44	1,69	2,41	3,04	4,7	5,22	5,56	6,1	7,08	7,8	8,3	9,4	11,18	12,68	13,12	13,85	14,78	15,48	16,32	17	17,48	18,24	18,9	19,07	19,75	20,9	21,11	21,09	21,72	
24.	1,08	1,48	1,7	2,42	3,01	4,7	5,25	5,59	6,1	7,06	7,8	8,47	9,41	11,07	12,62	13,19	13,7	14,69	15,6	16,37	16,9	17,49	18,31	18,85	19,18	19,78	20,95	21,21	21,1	21,75	
25.	1,07	1,46	1,7	2,48	3,05	4,74	5,24	5,69	6,1	7,02	7,73	8,39	9,4	11,01	12,65	13,09	13,86	14,63	15,51	16,3	16,9	17,42	18,35	18,82	19	19,67	21,01	21,3	21,12	21,71	
26.	1,08	1,42	1,68	2,5	3,14	4,72	5,37	5,7	6,17	7	7,77	8,38	9,26	11,08	12,77	13,18	13,81	14,7	15,53	16,35	16,9	17,31	18,4	18,8	19,07	19,64	21,1	21,2	21,17	21,7	
27.	1,07	1,48	1,62	2,44	3,2	4,6	5,38	5,67	6,12	7	7,78	8,5	9,29	11,2	12,8	13,07	13,78	14,72	15,52	16,31	16,8	17,34	18,24	18,87	19,03	19,69	21,03	21,19	21,14	21,7	
28.	1,08	1,48	1,67	2,48	3,11	4,63	5,3	5,56	6,02	7,03	7,76	8,37	9,27	11,02	12,69	13,08	13,71	14,67	15,47	16,42	16,83	17,5	18,29	18,92	19,05	19,68	21,08	21,13	21,2	21,71	
29.	1	1,5	1,63	2,38	3,2	4,67	5,3	5,53	6,05	7,08	7,76	8,33	9,3	11,15	12,7	13,15	13,79	14,69	15,42	16,4	16,93	17,34	18,3	18,89	19	19,6	21,06	21,16	21,1	21,68	
30.	1	1,5	1,6	2,35	3	4,68	5,28	5,64	6,09	7	7,75	8,44	9,3	11,13	12,8	13,07	13,77	14,61	15,6	16,4	16,91	17,42	18,27	18,91	19,1	19,6	21,04	21,2	21	21,63	
31.	1	1,6	1,6	2,37	3,09	4,69	5,23	5,67	6,01	7,12	7,71	8,48	9,37	11,07	12,73	13,09	13,9	14,79	15,41	16,44	16,96	17,38	18,38	18,95	19,09	19,73	21	21,2	21,08	21,73	
32.	1,2	1,48	1,8	2,48	3,07	4,7	5,26	5,62	6,02	7,1	7,85	8,3	9,31	11,09	12,78	13	13,88	14,8	15,45	16,48	16,88	17,4	18,32	18,97	19	19,78	20,93	21,29	21,03	21,78	
33.	1,08	1,49	1,72	2,49	3,03	4,7	5,38	5,68	6,08	7,13	7,84	8,5	9,34	11,2	12,74	13	13,81	14,7	15,41	16,41	16,83	17,4	18,35	18,83	19,1	19,75	20,99	21,26	21,1	21,79	
34.	1,12	1,48	1,75	2,4	3,1	4,68	5,29	5,6	6,19	7,17	7,8	8,44	9,27	11,07	12,65	13,2	13,84	14,74	15,57	16,5	16,89	17,39	18,3	18,9	19,12	19,8	20,9	21,3	21,1	21,8	
35.	1,19	1,46	1,7	2,4	3,1	4,62	5,3	5,58	6,18	7,16	7,8	8,41	9,28	11,18	12,76	13,12	13,72	14,71	15,51	16,5	17	17,36	18,27	18,91	19,15	19,76	20,92	21,27	21,09	21,8	
36.	1,17	1,52	1,73	2,5	3,1	4,8	5,4	5,62	6,09	7,1	7,9	8,4	9,21	11,13	12,8	13,14	13,9	14,62	15,59	16,4	16,8	17,45	18,21	18,87	19,09	19,71	21	21,28	21,02	21,6	
37.	1,08	1,6	1,78	2,5	3,13	4,79	5,31	5,59	6,2	7,08	7,88	8,31	9,24	11,15	12,78	13,2	13,8	14,68	15,6	16,31	16,8	17,4	18,3	18,8	19,02	19,7	21	21,19	21,07	21,65	
38.	1,09	1,62	1,68	2,37	3,17	4,6	5,32	5,57	6,08	7,05	7,8	8,36	9,32	11,1	12,76	13,08	13,79	14,67	15,53	16,39	16,81	17,43	18,21	18,88	19,2	19,7	21,1	21,29	21,04	21,61	
39.	1,08	1,46	1,63	2,32	3,2	4,68	5,35	5,66	6,03	7,2	7,8	8,4	9,37	11,1	12,69	13,12	13,76	14,8	15,4	16,4	16,91	17,31	18,38	18,9	19	19,68	21,09	21,27	21,1	21,73	
40.	1,09	1,48	1,69	2,35	3,14	4,69	5,4	5,62	6,2	7,03	7,72	8,4	9,28	11,17	12,7	13	13,8	14,69	15,42	16,41	16,9	17,33	18,34	18,9	19,08	19,62	20,99	21,3	21,2	21,8	
41.	1,08	1,4	1,8	2,31	3,07	4,62	5,25	5,5	6,12	7,08	7,79	8,5	9,3	11,12	12,6	13	13,8	14,63	15,6	16,39	16,9	17,3	18,4	18,81	19,05	19,7	20,93	21,2	21	21,65	
42.	1,08	1,4	1,8	2,4	3,02	4,73	5,27	5,61	6,1	7	7,78	8,41	9,27	11,09	12,7	13,1	13,73	14,61	15,49	16,4	16,88	17,41	18,2								

Продовження таблиці Г.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
56.	1,07	1,51	1,8	2,38	3	4,61	5,28	5,51	6,1	7,05	7,76	8,3	9,31	11,09	12,61	13,1	13,84	14,68	15,5	16,35	16,8	17,37	18,21	18,81	19,19	19,68	21	21,13	21,18	21,78
57.	1,06	1,53	1,61	2,36	3	4,68	5,29	5,69	6,07	7,08	7,72	8,34	9,38	11,18	12,73	13,12	13,88	14,8	15,41	16,31	16,93	17,32	18,27	18,86	19	19,7	20,9	21,3	21,07	21,76
58.	1,05	1,55	1,65	2,39	3,1	4,65	5,3	5,63	6,01	7,09	7,86	8,46	9,24	11,08	12,74	13	13,82	14,75	15,4	16,34	16,97	17,39	18,34	18,94	19	19,63	21,03	21,24	21,05	21,8
59.	1,05	1,6	1,62	2,5	3,05	4,8	5,32	5,5	6,03	7,2	7,71	8,4	9,28	11,03	12,71	13,05	13,73	14,61	15,42	16,3	16,87	17,36	18,2	18,9	19,2	19,78	21,08	21,1	21,09	21,62
60.	1	1,52	1,69	2,36	3,1	4,71	5,35	5,64	6,15	7,2	7,83	8,4	9,25	11,17	12,61	13,17	13,71	14,68	15,41	16,41	16,98	17,45	18,2	18,91	19,08	19,8	21,02	21,17	21,09	21,61
61.	1	1,52	1,68	2,32	3,02	4,73	5,31	5,68	6,17	7,06	7,7	8,4	9,2	11,13	12,8	13,14	13,79	14,7	15,48	16,44	16,85	17,41	18,25	18,93	19,09	19,8	20,97	21,12	21,1	21,7
62.	1,17	1,53	1,7	2,41	3,06	4,77	5,4	5,58	6,19	7,05	7,81	8,43	9,26	11,1	12,68	13,15	13,81	14,63	15,4	16,48	16,82	17,43	18,38	18,95	19,03	19,68	20,96	21,19	21,1	21,73
63.	1,2	1,4	1,71	2,48	3,15	4,7	5,2	5,56	6,01	7,08	7,76	8,41	9,32	11,15	12,65	13,1	13,7	14,65	15,6	16,47	16,94	17,48	18,33	18,94	19,01	19,61	21	21,28	21,1	21,79
64.	1,09	1,4	1,72	2,45	3,14	4,7	5,23	5,52	6,1	7,02	7,79	8,5	9,24	11,03	12,67	13,1	13,7	14,61	15,41	16,5	16,91	17,4	18,3	18,97	19,18	19,72	20,9	21,23	21,09	21,71
65.	1,09	1,41	1,74	2,47	3,08	4,68	5,27	5,68	6,1	7,18	7,89	8,39	9,36	11,01	12,69	13,1	13,73	14,73	15,5	16,4	16,97	17,4	18,4	18,9	19,15	19,6	20,98	21,28	21,14	21,68
66.	1,18	1,42	1,8	2,38	3,09	4,62	5,37	5,68	6,2	7,2	7,9	8,37	9,39	11,09	12,73	13,08	13,75	14,7	15,57	16,4	16,92	17,49	18,38	18,98	19,2	19,73	20,94	21,15	21,17	21,63
67.	1,17	1,48	1,65	2,3	3,2	4,73	5,3	5,62	6,17	7,16	7,78	8,49	9,24	11	12,6	13,07	13,78	14,8	15,59	16,36	16,8	17,45	18,36	18,9	19,13	19,61	20,9	21,3	21,12	21,7
68.	1,18	1,49	1,64	2,36	3,2	4,72	5,31	5,7	6,18	7,18	7,81	8,46	9,4	11,1	12,71	13,09	13,85	14,68	15,47	16,38	16,87	17,31	18,28	18,85	19,17	19,68	20,9	21,1	21,1	21,8
69.	1,09	1,49	1,62	2,44	3	4,68	5,32	5,58	6,08	7	7,85	8,42	9,38	11,1	12,75	13,11	13,82	14,61	15,48	16,34	16,83	17,41	18,24	18,88	19,07	19,7	21	21,16	21,2	21,65
70.	1,09	1,5	1,68	2,33	3	4,7	5,38	5,6	6,02	7,01	7,8	8,41	9,25	11	12,78	13,19	13,85	14,8	15,4	16,4	16,87	17,48	18,3	18,83	19,1	19,69	21	21,19	21,09	21,61
71.	1,08	1,5	1,76	2,4	3,1	4,7	5,2	5,57	6	7,12	7,8	8,33	9,37	11,08	12,61	13,2	13,81	14,63	15,43	16,4	16,82	17,4	18,25	18,87	19,1	19,78	21,1	21,1	21,08	21,71
72.	1,07	1,5	1,78	2,4	3,1	4,77	5,3	5,7	6,09	7,11	7,88	8,35	9,38	11,07	12,73	13,1	13,8	14,68	15,6	16,35	16,9	17,38	18,36	18,9	19,03	19,7	21,07	21,12	21,01	21,73
73.	1	1,48	1,69	2,48	3,12	4,62	5,3	5,59	6,09	7,14	7,81	8,31	9,29	11	12,69	13,19	13,83	14,71	15,47	16,33	17	17,33	18,32	18,81	19,12	19,67	21,09	21,25	21	21,62
74.	1,06	1,4	1,68	2,38	3,09	4,6	5,3	5,6	6	7	7,79	8,37	9,28	11,19	12,62	13,06	13,75	14,78	15,48	16,41	16,91	17,36	18,3	18,85	19,07	19,75	21,01	21,19	21,05	21,7
75.	1,05	1,6	1,69	2,42	3,03	4,8	5,22	5,6	6,06	7,1	7,78	8,3	9,21	11,09	12,61	13,02	13,9	14,61	15,57	16,42	16,93	17,4	18,21	18,8	19,08	19,75	20,98	21,2	21,1	21,7
76.	1,04	1,48	1,65	2,5	3,07	4,69	5,28	5,51	6,15	7,08	7,9	8,36	9,4	11,07	12,6	13,04	13,9	14,64	15,6	16,4	16,8	17,4	18,35	18,8	19,12	19,71	20,01	21,1	21,1	21,73
77.	1,18	1,49	1,7	2,5	3,11	4,8	5,26	5,58	6,2	7,02	7,77	8,41	9,31	11,1	12,78	13,2	13,76	14,62	15,58	16,48	16,85	17,37	18,27	18,9	19,12	19,65	20,96	21,3	21,17	21,75
78.	1,17	1,44	1,71	2,42	3,19	4,8	5,24	5,58	6,04	7,03	7,75	8,45	9,3	11,12	12,8	13,13	13,7	14,6	15,52	16,43	16,81	17,39	18,21	18,81	19,2	19,67	20,99	21,27	21,11	21,62
79.	1,16	1,45	1,75	2,48	3,1	4,72	5,31	5,7	6,09	7,06	7,71	8,48	9,3	11,14	12,69	13,17	13,72	14,8	15,43	16,39	16,84	17,48	18,3	18,92	19,2	19,62	20,9	21,3	21,13	21,61
80.	1	1,4	1,67	2,49	3,17	4,75	5,38	5,61	6,19	7,2	7,81	8,3	9,3	11,18	12,69	13,07	13,71	14,69	15,49	16,4	16,87	17,42	18,28	18,85	19,1	19,72	21	21,18	21,04	21,6
81.	1,08	1,48	1,7	2,39	3,03	4,69	5,32	5,62	6,1	7,27	7,83	8,48	9,4	11,08	12,72	13,12	13,8	14,63	15,41	16,5	16,92	17,3	18,34	18,86	19,11	19,68	20,93	21,23	21,1	21,73
82.	1,08	1,48	1,68	2,36	3,17	4,63	5,4	5,53	6,1	7	7,8	8,49	9,38	11,05	12,6	13,02	13,83	14,71	15,6	16,31	16,94	17,38	18,38	18,97	19,13	19,74	20,91	21,19	21	21,78
83.	1,09	1,51	1,62	2,33	3,09	4,68	5,21	5,57	6,12	7	7,79	8,35	9,35	11,2	12,71	13,16	13,8	14,8	15,4	16,42	17	17,31	18,4	18,91	19,15	19,72	20,98	21,21	21,2	21,61
84.	1,09	1,57	1,6	2,5	3,08	4,6	5,24	5,66	6,08	7,08	7,79	8,39	9,35	11,08	12,79	13,13	13,7	14,68	15,5	16,48	16,8	17,39	18,3	18,8	19,08	19,79	21,01	21,25	21,09	21,68
85.	1,2	1,5	1,68	2,4	3,04	4,67	5,37	5,51	6,07	7,1	7,72	8,31	9,25	11,07	12,73	13,1	13,75	14,8	15,48	16,4	16,8	17,42	18,2	18,93	19,07	19,69	21,04	21,2	21,03	21,7
86.	1	1,54	1,65	2,35	3,16	4,65	5,2	5,7	6,14	7,1	7,75	8,36	9,38	11,17	12,61	13	13,71	14,71	15,47	16,43	16,83	17,48	18,28	19	19	19,8	20,9	21,2	21,08	21,7
87.	1,12	1,6	1,67	2,46	3,15	4,74	5,27	5,63	6	7,1	7,8	8,42	9,3	11,1	12,65	13,2	13,8	14,7	15,49	16,3	16,89	17,4	18,4	18,92	19,09	19,77	21	21,26	21,07	21,65
88.	1,13	1,59	1,79	2,41	3,1	4,8	5,27	5,5	6,1	7,12	7,84	8,36	9,25	11	12,68	13,03	13,72	14,7	15,43	16,37	16,9	17,41	18,21	18,9	19,1	19,8	21	21,3	21,2	21,68
89.	1,14	1,5	1,8	2,32	3,1	4	5,4	5,6	6,17	7,18	7,86	8,38	9,37	11,08	12,7	13,07	13,8	14,73	15,4	16,31	16,91	17,45	18,3	18,9	19,14	19,71	21,1	21,29	21	21,6
90.	1,13	1,53	1,71	2,4	3,1	4,63	5,26	5,6	6,05	7,15	7,78	8,39	9,24	11,07	12,7	13,1	13,84	14,7	15,48	16,32	16,88	17,44	18,21	19	19,15	19,73	20,94	21,19	21,2	21,6
91.	1,08	1,48	1,72	2,32	3,2	4,7	5,32	5,7	6,03	7,06	7,9	8,41	9,25	11	12,8	13,03	13,71	14,8	15,5	16,5	17	17,5	18,28	18,8	19,09	19,68	21,03	21,2	21,04	21,68
92.	1,07	1,49	1,75	2,41	3,12	4,68	5,3	5,63	6	7,08	7,74	8,36	9,28	11,16	12,71	13,12	13,9	14,63	15,4	16,41	16,89	17,4	18,2	18,8	19,08	19,6	21,09	21,18	21,05	21,63
93.	1,01	1,5	1,68	2,43	3,09	4,66	5,3	5,65	6	7,17	7,9	8,4	9,37	11,14	12,79	13,18	13,73	14,71	15,48	16,47	16,9	17,36	18,33	18,8	19,02	19,69	21,1	21,21	21,09	21,7
94.	1,08	1,48	1,67	2,39	3,18	4,72	5,2	5,65	6,2	7,08	7,82	8,42	9,38	11,19	12,76	13,1	13,78	14,74	15,47	16,39	16,81	17,38	18,37	18,84	19,14	19,62	21,1	21,17	21	21,7
95.	1,09	1,6	1,68	2,48	3,17	4,75	5,4	5,52	6,2	7,09	7,83	8,44	9,27	11,08	12,68	13,1	13,71	14,68	15,4	16,38	16,93	17,42	18,41	18,88	19,18	19,6	20,99	21,17	21,18	21,7
96.	1,08	1,49	1,69	2,4	3,08	4,73	5,31	5,6	6,08	7,18	7,78	8,36	9,3	11,17	12,66	13,15	13,85	14,8	15,47	16,5	16,95	17,39	18,45	18,97	19,19	19,73	21	21,26	21,19	21,75
97.	1,08	1,45	1,6	2,4	3,06	4,63	5,35	5,63	6,19	7,01	7,8	8,35	9,3	11,1	12,63	13,19	13,89	14,82	15,58	16,3	16,89	17,48	18,39	18,99	19,12	19,78				

Продовження таблиці Г.5

116.	1,07	1,43	1,65	2,48	3	4,68	5,32	5,5	6,06	7	7,82	8,44	9,31	11,06	12,7	13,16	13,74	14,8	15,54	16,5	16,8	17,39	18,28	19	19,18	19,65	21	21,18	21,07	21,64
117.	1,07	1,48	1,7	2,5	3,1	4,8	5,34	5,54	6,2	7,2	7,84	8,48	9,5	11,07	12,8	13,12	13,83	14,72	15,48	16,41	16,84	17,47	18,21	18,89	19,09	19,68	21	21,19	21,1	21,78
118.	1	1,5	1,8	2,43	3,08	4,66	5,23	5,63	6,08	7,12	7,71	8,47	9,5	11,03	12,71	13,03	13,88	14,77	15,46	16,37	16,87	17,4	18,24	18,91	19,08	19,71	21,07	21,27	21,03	21,7
119.	1,2	1,6	1,81	2,41	3,17	4,65	5,28	5,68	6,07	7,16	7,81	8,36	9,35	11,18	12,79	13,18	13,88	14,7	15,42	16,31	17	17,34	18,3	18,93	19,04	19,73	21,01	21,23	21,01	21,7
120.	1,09	1,48	1,7	2,38	3,13	4,61	5,24	5,61	6,09	7,03	7,7	8,39	9,26	11,09	12,62	13,1	13,8	14,73	15,49	16,34	16,82	17,42	18,3	18,85	19,08	19,7	21,06	21,3	21,09	21,75
121.	1,08	1,42	1,7	2,39	3,04	4,74,7	5,27	5,62	6,1	7,02	7,71	8,3	9,29	11,05	12,7	13,1	13,74	14,71	15,57	16,5	16,89	17,47	18,31	18,81	19,09	19,7	21	21,2	21,2	21,78
122.	1,07	1,47	1,78	2,36	3,05	4,71	5,38	5,67	6,1	7,08	7,7	8,41	9,3	11	12,69	13,06	13,79	14,8	15,52	16,35	16,84	17,3	18,37	18,87	19,19	19,79	20,93	21,2	21,12	21,8
123.	1,07	1,58	1,73	2,32	3,19	4,7	5,26	5,6	6,09	7	7,82	8,48	9,3	11	12,66	13	13,78	14,6	15,5	16,39	16,89	17,5	18,28	18,96	19,17	19,75	20,95	21,19	21,15	21,61
124.	1	1,49	1,71	2,47	3,2	4,62	5,3	5,58	6,19	7,1	7,88	8,3	9,3	11,07	12,61	13	13,73	14,63	15,58	16,44	16,88	17,48	18,3	18,8	19,18	19,8	21	21,15	21,08	21,63
125.	1,2	1,59	1,69	2,45	3,2	4,63	5,31	5,7	6,08	7,1	7,89	8,47	9,28	11,17	12,79	13,1	13,7	14,62	15,53	16,48	16,8	17,37	18,27	18,92	19,08	19,78	21,1	21,23	21,04	21,7
126.	1,13	1,5	1,69	2,3	3,08	4,68	5,36	5,7	6,1	7,09	7,71	8,49	9,27	11,1	12,8	13,09	13,85	14,8	15,48	16,43	16,81	17,32	18,38	18,81	19,09	19,66	20,94	21,27	21	21,7
127.	1,14	1,5	1,6	2,3	3	4,71	5,26	5,6	6,06	7,2	7,7	8,42	9,38	11,1	12,7	13,1	13,87	14,68	15,6	16,4	16,9	17,4	18,36	18,9	19,03	19,62	20,91	21,2	21,1	21,68
128.	1,2	1,4	1,62	2,42	3,1	4,72	5,28	5,58	6,12	7,03	7,74	8,36	9,23	11,12	12,78	13,08	13,77	14,61	15,4	16,4	16,9	17,4	18,2	18,8	19,05	19,6	21,1	21,2	21,09	21,67
129.	1,08	1,61	1,7	2,48	3,1	4,6	5,37	5,56	6,1	7,05	7,8	8,32	9,3	11,09	12,6	13,2	13,71	14,71	15,49	16,42	17	17,45	18,4	18,83	19	19,7	21,1	21,28	21,03	21,75
130.	1,08	1,48	1,7	2,38	3,1	4,72	5,34	5,5	6,06	7,1	7,8	8,37	9,2	11,08	12,67	13,17	13,75	14,6	15,42	16,38	16,91	17,42	18,39	18,87	19	19,75	21	21,28	21,17	21,71
131.	1,09	1,4	1,75	2,3	3,1	4,78	5,27	5,6	6,12	7,1	7,86	8,3	9,28	11,1	12,7	13,05	13,8	14,68	15,48	16,4	16,82	17,3	18,4	19	19,08	19,61	20,98	21,3	21,07	21,6
132.	1,09	1,44	1,78	2,48	3,08	4,68	5,28	5,6	6,17	7,1	7,9	8,4	9,21	11,08	12,61	13,1	13,81	14,8	15,43	16,49	16,89	17,31	18,3	18,9	19,2	19,69	21,1	21,21	21,2	21,68
133.	1,09	1,4	1,8	2,4	3,17	4,8	5,29	5,52	6,05	7,08	7,85	8,4	9,25	11,1	12,75	13,1	13,86	14,7	15,46	16,3	17	17,5	18,37	18,9	19,09	19,68	21	21	21,1	21,72
Нсрм	1,1	1,5	1,7	2,4	3,1	4,7	5,3	5,6	6,1	7,1	7,8	8,4	9,3	11,1	12,7	13,1	13,8	14,7	15,5	16,4	16,9	17,4	18,3	18,9	19,1	19,7	21,0	21,2	21,1	21,7

Таблиця Г.6 – Визначення діаметра *Quercus robur* за групами віку в КЕЗТ захисного типу на делянці колії Львів – Стрий

№ з/п	Дерева за групами віку																														
	3	5	8	11	14	17	20	23	26	29	32	35	38	41	44	47	50	53	56	59	62	65	68	71	74	77	80	83	85	88	
1.	0,07	0,1	0,6	1,1	1,9	3,5	5,3	5,7	6,3	6,9	8,6	9,2	13,4	14,6	17,2	18,8	19,2	21	22,6	24,2	25,9	26,3	27,4	29,8	31,6	33,5	34,7	34,8	34,9	35,1	
2.	0,07	0,09	0,59	1	1,92	3,5	5,2	5,6	6,24	6,87	8,58	9,19	13,3	14,62	17,26	18,7	19,27	20,93	22,57	24,19	25,87	26,32	27,39	29,7	31,65	33,47	34,8	34,76	34,88	35	
3.	0,06	0,1	0,58	1	2	3,5	5,28	5,6	6,28	6,89	8,62	9,2	13,39	14,58	17,3	18,72	19,3	20,9	22,61	24,3	25,9	26,4	27,4	29,81	31,56	33,4	34,72	34,72	34,9	35,12	
4.	0,07	0,09	0,57	1	1,87	3,57	5,36	5,72	6,37	7	8,67	9,2	13,45	14,7	17,24	18,82	19,11	21,1	22,5	24,1	25,88	26,25	27,32	29,79	31,5	33,52	34,69	34,7	34,86	35	
5.	0,07	0,09	0,61	1,04	1,94	3,49	5,28	5,69	6,4	6,88	8,6	9,24	13,5	14,63	17,18	18,89	19,24	21,09	22,59	24,17	25,8	26,38	27,5	29,86	31,67	33,56	34,6	34,8	34,88	35,09	
6.	0,07	0,09	0,6	1,07	1,9	3,42	5,4	5,7	6,2	6,92	8,69	9,18	13,4	14,52	17,29	18,9	19,18	20,92	22,67	24,2	25,9	26,25	27,38	29,9	31,54	33,6	34,62	34,85	34,8	35,14	
7.	0,07	0,2	0,6	1,02	1,9	3,59	5,21	5,68	6,4	6,65	8,67	9,27	13,37	14,59	17,29	18,89	19,1	20,97	22,51	24,29	25,93	26,2	27,31	29,79	31,7	33,61	34,61	34,81	34,89	35,08	
8.	0,07	0,09	0,6	1,13	1,9	3,6	5,34	5,73	6,4	6,8	8,59	9,3	13,49	14,56	17,16	18,7	19,19	20,98	22,6	24,18	25,97	26,29	27,44	29,74	31,52	33,55	34,7	34,9	34,82	35,02	
9.	0,06	0,1	0,63	1,2	1,9	3,53	5,39	5,8	6,3	6,83	8,57	9,3	13,36	14,6	17,1	18,74	19,26	21	22,68	24,23	26	26,31	27,39	29,8	31,67	33,59	34,74	34,79	34,87	35,19	
10.	0,07	0,09	0,62	1,19	1,84	3,47	5,28	5,76	6,3	6,96	8,54	9,26	13,4	14,63	17,19	18,78	19,3	21,06	22,67	24,3	25,96	26,4	27,38	29,87	31,57	33,5	34,78	34,8	34,93	35,11	
11.	0,07	0,09	0,61	1,06	1,79	3,4	5,27	5,79	6,22	6,91	8,7	9,17	13,4	14,67	17,14	18,8	19,2	21,03	22,52	24,2	26	26,3	27,3	29,9	31,6	33,57	34,74	34,7	34,9	35,17	
12.	0,08	0,1	0,67	1,04	1,84	3,42	5,36	5,63	6,29	6,99	8,6	9,25	13,21	14,58	17,14	18,8	19,28	20,95	22,5	24,28	25,9	26,35	27,37	29,85	31,68	33,56	34,6	34,85	34,97	35,1	
13.	0,07	0,09	0,64	1,17	1,8	3,48	5,2	5,68	6,37	7	8,7	9,1	13,33	14,5	17,2	18,89	19,17	20,97	22,63	24,19	25,81	26,22	27,4	29,8	31,7	33,52	34,68	34,72	34,99	35,07	
14.	0,07	0,09	0,6	1,08	1,87	3,54	5,25	5,65	6,4	7	8,65	9,29	13,39	14,56	17,3	18,72	19,23	21,04	22,7	24,11	25,85	26,2	27,32	29,73	31,64	33,6	34,62	34,81	35	35,08	
15.	0,07	0,09	0,57	1,1	1,93	3,57	5,27	5,77	6,39	6,9	8,5	9,37	13,3	14,61	17,24	18,7	19,3	21	22,64	24,1	25,88	26,36	27,46	29,77	31,66	33,59	34,8	34,9	35	35,09	
16.	0,07	0,09	0,58	1,09	1,78	3,59	5,3	5,7	6,29	6,9	8,59	9,27	13,28	14,6	17,15	18,77	19,23	20,95	22,67	24,13	25,9	26,3	27,4	29,7	31,5	33,6	34,78	34,89	34,9	35	
17.	0,07	0,09	0,5	1,14	1,8	3,5	5,24	5,8	6,27	6,82	8,57	9,33	13,4	14,58	17,18	18,86	19,18	20,96	22,52	24,26	25,97	26,32	27,3	29,9	31,62	33,61	34,69	34,74	34,98	35,2	
18.	0,07	0,09	0,53	1,1	1,84	3,47	5,3	5,62	6,4	6,87	8,57	9,2	13,39	14,69	17,2	18,9	19,25	20,9	22,55	24,28	25,91	26,28	27,38	29,84	31,54	33,59	34,7	34,8	35	35,15	
19.	0,07	0,1	0,54	1,08	1,91	3,46	5,3	5,6	6,23	7	8,69	9,29	13,4	14,55	17,15	18,9	19,27	20,91	22,56	24,3	25,81	26,34	27,42	29,72	31,51	33,47	34,65	34,8	34,92	35,19	
20.	0,07	0,09	0,55	1,1	2	3,4	5,28	5,66	6,24	6,93	8,62	9,16	13,39	14,7	17,27	18,72	19,18	21,07	22,54	24,2	25,86	26,33	27,46	29,87	31,69	33,4	34,7	34,84	34,87	35,2	
21.	0,07	0,1	0,7	1,05	2	3,58	5,3	5,69	6,29	6,98	8,5	9,28	13,4	14,52	17,3	18,72	19,1	21,04	22,59	24,29	25,92	26,2	27,4	29,7	31,55	33,44	34,69	34,72	34,8	35,1	
22.	0,07	0,09	0,66	1,17	1,96	3,53	5,27	5,68	6,4	6,87	8,54	9,15	13,39	14,59	17,25	18,84	19,23	21,08	22,67	24,18	25,8	26,3	27,45	29,76	31,5	33,52	34,75	34,7	34,86	35,14	
23.	0,07	0,09	0,61	1,14	1,87	3,41	5,39	5,7	6,3	6,9	8,61	9,3	13,4	14,57	17,16	18,8	19,14	21,08	22,6	24,12	25,93	26,33	27,42	29,71	31,62	33,57	34,8	34,78	34,94	35,08	
24.	0,07	0,2	0,7	1,06	1,79	3,6	5,4	5,73	6,4	6,92	8,59	9,2	13,36	14,62	17,12	18,88	19,27	21	22,6	24,3	25,88	26,39	27,5	29,8	31,65	33,5	34,62	34,85	34,99	35,09	
25.	0,07	0,09	0,63	1,1	2	3,56	5,29	5,78	6,37	6,91	8,6	9,19	13,39	14,68	17,1	18,73	19,21	21	22,6	24,27	25,9	26,29	27,42	29,8	31,6	33,51	34,6	34,81	34,9	35	
26.	0,07	0,09	0,64	1,08	1,96	3,6	5,2	5,61	6,28	6,9	8,7	9,18	13,4	14,6	17,19	18,85	19,2	20,96	22,59	24,16	25,89	26,4	27,5	29,89	31,6	33,46	34,68	34,9	34,9	35,1	
27.	0,06	0,09	0,67	1,12	1,84	3,58	5,39	5,64	6,34	6,92	8,64	9,17	13,3	14,6	17,23	18,7	19,14	20,99	22,52	24,12	25,82	26,3	27,4	29,9	31,55	33,6	34,7	34,9	35	35,1	
28.	0,07	0,2	0,63	1,06	1,78	3,5	5,27	5,8	6,3	6,96	8,6	9,19	13,4	14,7	17,28	18,9	19,17	21,1	22,7	24,2	25,8	26,3	27,4	29,77	31,6	33,43	34,7	34,71	34,89	35,12	
29.	0,08	0,09	0,5	1,2	1,83	3,5	5,28	5,78	6,3	6,8	8,59	9,19	13,39	14,67	17,18	18,8	19,25	21,1	22,64	24,2	26	26,24	27,4	29,83	31,68	33,52	34,72	34,72	34,91	35,17	
30.	0,07	0,09	0,62	1,17	1,9	3,46	5,24	5,8	6,29	6,81	8,58	9,21	13,32	14,64	17,29	18,72	19,29	21,09	22,7	24,26	25,93	26,4	27,36	29,8	31,59	33,56	34,66	34,79	34,9	35,19	
31.	0,07	0,2	0,58	1,08	1,87	3,42	5,3	5,78	6,26	6,88	8,8	9,3	13,28	14,52	17,2	18,78	19,1	21,06	22,67	24,1	25,84	26,37	27,3	29,79	31,64	33,5	34,61	34,8	34,96	35,18	
32.	0,08	0,09	0,6	1,04	1,98	3,56	5,22	5,71	6,2	6,92	8,53	9,23	13,4	14,63	17,17	18,8	19,2	20,93	22,53	24,18	25,9	26,28	27,49	29,73	31,7	33,59	34,6	34,86	34,91	35,21	
33.	0,08	0,09	0,59	1,1	1,92	3,49	5,28	5,63	6,24	7	8,63	9,26	13,37	14,67	17,23	18,89	19,26	20,91	22,58	24,13	25,84	26,35	27,4	29,84	31,68	33,48	34,68	34,88	34,87	35,1	
34.	0,08	0,09	0,6	1,1	1,79	3,5	5,37	5,7	6,31	7	8,6	9,19	13,34	14,65	17,1	18,78	19,18	20,9	22,67	24,23	25,84	26,29	27,37	29,7	31,67	33,56	34,75	34,79	34,9	35,1	
35.	0,07	0,09	0,6	1,05	1,84	3,5	5,33	5,68	6,37	6,91	8,6	9,18	13,3	14,67	17,3	18,9	19,3	20,97	22,5	24,16	25,96	26,2	27,42	29,85	31,52	33,6	34,72	34,7	34,96	35,09	
36.	0,07	0,09	0,58	1,07	1,82	3,59	5,25	5,75	6,4	6,99	8,7	9,2	13,45	14,62	17,2	18,73	19,23	21,02	22,59	24,2	25,91	26,29	27,36	29,76	31,7	33,5	34,7	34,75	34,89	35,2	
37.	0,06	0,1	0,69	1,15	2	3,53	5,4	5,69	6,29	6,95	8,59	9,21	13,48	14,68	17,27	18,85	19,18	21	22,52	24,11	25,8	26,25	27,3	29,79	31,59	33,54	34,79	34,78	35	35,17	
38.	0,07	0,1	0,58	1,04	1,96	3,49	5,29	5,79	6,4	6,84	8,65	9,25	13,36	14,5	17,3	18,81	19,12	21	22,54	24,3	25,9	26,3	27,47	29,83	31,64	33,4	34,64	34,8	34,87	35,13	
39.	0,07	0,1	0,56	1	1,85	3,42	5,21	5,8	6,3	6,93	8,7	9,21	13,49	14,57	17,14	18,7	19,25	21	22,6	24,19	25,9	26,37	27,4	29,7	31,67	33,48	34,61	34,8	34,8	35,18	
40.	0,07	0,1	0,58	1	1,73	3,6	5,29	5,6	6,3	6,8	8,64	9,19	13,48	14,55	17,18	18,7	19,27	20,98	22,63	24,24	26	26,3	27,4	29,76	31,5	33,59	34,68	34,85	34,95	35,07	
41.	0,06	0,1	0,5	1,07	1,9	3,46	5,2	5,73	6,37	6,8	8,7	9,2	13,5	14,67	17,11	18,76	19,18	20,97	22,68	24,27	25,98	26,29	27,41	29,8	31,52	33,6	34,8	34,73	35	35,12	
42.	0,07	0,2	0,58	1,02	1,97	3,52	5,36	5,73	6,27	6,8	8,6	9,2	13,42	14,5	17,3	18,9	19,1	21,06	22,6												

Продовження таблиці Г.6

56.	0,08	0,13	0,6	1,12	1,8	3,47	5,32	5,6	6,27	6,91	8,54	9,15	13,37	14,5	17,18	18,8	19,16	21,1	22,61	24,22	25,91	26,29	27,38	29,71	31,7	33,49	34,76	34,86	34,93	35,08
57.	0,07	0,11	0,57	1,17	1,82	3,45	5,28	5,73	6,25	7	8,7	9,21	13,5	14,59	17,19	18,8	19,15	21,05	22,6	24,19	25,91	26,27	27,39	29,73	31,5	33,48	34,7	34,87	34,92	35,1
58.	0,07	0,09	0,7	1,09	1,86	3,6	5,21	5,72	6,25	7	8,6	9,23	13,39	14,58	17,17	18,75	19,16	21,06	22,63	24,18	25,93	26,22	27,34	29,78	31,58	33,47	34,68	34,82	34,99	35,02
59.	0,07	0,09	0,61	1,09	1,85	3,51	5,21	5,77	6,27	6,93	8,6	9,25	13,38	14,57	17,24	18,82	19,21	21	22,56	24,15	25,94	26,29	27,32	29,77	31,57	33,44	34,62	34,83	34,8	35
60.	0,07	0,09	0,61	1,08	1,86	3,54	5,26	5,6	6,26	6,98	8,61	9,1	13,41	14,6	17,25	18,78	19,25	21	22,7	24,2	25,97	26,34	27,35	29,75	31,56	33,41	34,65	34,86	34,81	35,16
61.	0,08	0,09	0,64	1,1	1,85	3,52	5,35	5,69	6,32	6,8	8,59	9,28	13,42	14,6	17,21	18,72	19,23	21	22,57	24,22	25,9	26,37	27,35	29,74	31,55	33,4	34,6	34,76	34,89	35,12
62.	0,07	0,11	0,61	1,09	1,8	3,57	5,28	5,68	6,4	6,95	8,51	9,26	13,41	14,63	17,18	18,9	19,16	21,1	22,67	24,3	25,9	26,35	27,32	29,81	31,62	33,42	34,71	34,71	34,81	35,11
63.	0,07	0,09	0,61	1,13	1,85	3,48	5,29	5,67	6,35	6,87	8,54	9,18	13,43	14,64	17,19	18,81	19,17	21,07	22,59	24,3	25,87	26,29	27,4	29,83	31,67	33,48	34,73	34,8	34,86	35,1
64.	0,07	0,1	0,5	1,12	1,84	3,5	5,21	5,66	6,32	6,9	8,7	9,17	13,3	14,68	17,2	18,73	19,28	21,06	22,58	24,28	25,82	26,2	27,43	29,8	31,53	33,51	34,7	34,81	34,88	35,1
65.	0,07	0,09	0,68	1	1,82	3,5	5,23	5,6	6,31	6,89	8,58	9,16	13,39	14,65	17,2	18,74	19,2	21,09	22,6	24,18	25,84	26,4	27,42	29,8	31,56	33,57	34,78	34,82	34,95	35,12
66.	0,08	0,15	0,67	1	1,9	3,42	5,27	5,68	6,3	6,85	8,57	9,15	13,38	14,68	17,2	18,81	19,2	21,08	22,6	24,21	25,91	26,3	27,41	29,8	31,7	33,58	34,68	34,71	34,93	35,06
67.	0,07	0,09	0,61	1	1,9	3,48	5,28	5,69	6,3	6,84	8,62	9,15	13,4	14,59	17,16	18,83	19,2	21,07	22,63	24,23	25,93	26,3	27,5	29,81	31,67	33,59	34,65	34,9	34,8	35,08
68.	0,07	0,16	0,6	1,19	1,92	3,49	5,31	5,66	6,28	6,83	8,64	9,1	13,4	14,51	17,19	18,76	19,29	21,08	22,63	24,1	25,87	26,28	27,45	29,74	31,52	33,42	34,6	34,83	34,92	35,08
69.	0,07	0,09	0,6	1,21	1,91	3,51	5,2	5,71	6,3	6,9	8,63	9,2	13,4	14,52	17,23	18,7	19,17	21	22,67	24,3	25,8	26,4	27,4	29,84	31,52	33,47	34,69	34,82	34,97	35,2
70.	0,07	0,17	0,6	1,2	1,93	3,52	5,32	5,7	6,25	6,9	8,7	9,25	13,4	14,59	17,3	18,75	19,16	21	22,63	24,28	25,86	26,25	27,38	29,85	31,54	33,4	34,62	34,9	34,81	35
71.	0,07	0,11	0,58	1,17	1,91	3,55	5,28	5,7	6,23	6,92	8,64	9,1	13,37	14,6	17,24	18,77	19,17	21,1	22,64	24,18	25,9	26,2	27,39	29,86	31,6	33,53	34,61	34,76	34,87	35,09
72.	0,07	0,09	0,59	1,18	1,82	3,48	5,24	5,7	6,37	7	8,57	9,24	13,38	14,6	17,27	18,78	19,18	21,1	22,56	24,16	25,93	26,27	27,37	29,83	31,61	33,47	34,71	34,8	34,87	35,08
73.	0,06	0,1	0,7	1	1,89	3,42	5,4	5,73	6,31	6,91	8,55	9,23	13,36	14,51	17,11	18,79	19,19	20,98	22,7	24,2	25,89	26,28	27,3	29,71	31,57	33,46	34,8	34,77	34,8	35,06
74.	0,07	0,09	0,51	1	1,9	3,5	5,4	5,78	6,36	6,87	8,53	9,21	13,4	14,61	17,29	18,85	19,17	20,97	22,6	24,1	25,87	26,31	27,32	29,79	31,64	33,5	34,73	34,82	34,9	35,18
75.	0,06	0,09	0,53	1,07	1,9	3,51	5,28	5,73	6,29	6,83	8,6	9,17	13,4	14,53	17,22	18,81	19,23	20,92	22,57	24,16	25,85	26,3	27,35	29,78	31,67	33,53	34,72	34,81	34,92	35,17
76.	0,07	0,2	0,55	1,02	1,92	3,56	5,29	5,7	6,27	6,89	8,51	9,18	13,36	14,59	17,13	18,8	19,27	20,9	22,64	24,17	26	26,31	27,38	29,7	31,61	33,56	34,77	34,76	34,97	35,11
77.	0,07	0,2	0,53	1,1	1,86	3,57	5,26	5,71	6,4	6,88	8,59	9,2	13,32	14,7	17,14	18,81	19,21	20,94	22,56	24,18	25,8	26,36	27,37	29,75	31,59	33,58	34,68	34,7	35	35,1
78.	0,07	0,17	0,58	1,01	1,85	3,47	5,31	5,77	6,31	6,87	8,6	9,2	13,38	14,52	17,26	18,76	19,2	21	22,58	24,22	25,93	26,39	27,36	29,76	31,6	33,49	34,61	34,71	35	35,08
79.	0,06	0,12	0,5	1,01	1,95	3,5	5,3	5,7	6,35	6,87	8,59	9,28	13,38	14,61	17,28	18,72	19,2	21,05	22,64	24,2	25,91	26,21	27,35	29,74	31,58	33,6	34,62	34,78	34,82	35,07
80.	0,07	0,17	0,54	1,08	2	3,44	5,34	5,78	6,37	6,9	8,61	9,29	13,41	14,62	17,18	18,71	19,24	21,04	22,61	24,2	25,9	26,2	27,35	29,8	31,59	33,48	34,69	34,79	34,8	35,13
81.	0,07	0,14	0,56	1,07	1,99	3,45	5,35	5,69	6,28	6,83	8,58	9,28	13,5	14,68	17,16	18,7	19,27	21,1	22,6	24,18	25,87	26,27	27,4	29,83	31,64	33,49	34,6	34,83	34,81	35,2
82.	0,06	0,16	0,59	1,1	1,87	3,49	5,2	5,61	6,25	6,87	8,57	9,2	13,39	14,59	17,19	18,76	19,21	21	22,6	24,19	26	26,3	27,41	29,81	31,62	33,47	34,7	34,82	34,96	35,17
83.	0,06	0,13	0,58	1,06	1,83	3,48	5,26	5,7	6,2	6,92	8,6	9,16	13,43	14,59	17,21	18,76	19,2	20,98	22,7	24,22	25,93	26,3	27,39	29,8	31,53	33,46	34,71	34,81	34,9	35,08
84.	0,07	0,1	0,57	1,05	1,84	3,6	5,29	5,6	6,24	7	8,61	9,24	13,48	14,58	17,21	18,79	19,18	20,97	22,5	24,3	25,9	26,34	27,4	29,73	31,57	33,5	34,69	34,7	34,9	35,1
85.	0,07	0,09	0,7	1,04	1,87	3,51	5,3	5,69	6,31	6,89	8,52	9,1	13,37	14,7	17,2	18,89	19,1	20,93	22,59	24,21	25,9	26,28	27,31	29,76	31,6	33,5	34,8	34,76	34,85	35,17
86.	0,07	0,12	0,56	1,1	1,98	3,53	5,3	5,8	6,37	6,91	8,56	9,27	13,3	14,61	17,2	18,7	19,11	20,9	22,5	24,21	25,97	26,24	27,38	29,78	31,58	33,53	34,62	34,78	34,91	35,18
87.	0,06	0,14	0,55	1	1,91	3,6	5,4	5,71	6,3	6,9	8,57	9,18	13,39	14,59	17,23	18,72	19,13	21	22,7	24,18	25,97	26,25	27,5	29,82	31,61	33,49	34,71	34,79	35	35,09
88.	0,07	0,12	0,6	1	1,8	3,52	5,29	5,71	6,31	6,9	8,6	9,25	13,28	14,58	17,3	18,72	19,2	21	22,58	24,16	25,9	26,21	27,35	29,81	31,6	33,6	34,75	34,8	34,95	35,07
89.	0,06	0,09	0,63	1,2	1,87	3,54	5,3	5,67	6,35	7	8,63	9,1	13,37	14,52	17,11	18,77	19,1	20,96	22,57	24,18	25,81	26,37	27,38	29,89	31,6	33,44	34,76	34,8	34,99	35,09
90.	0,06	0,11	0,7	1,2	1,9	3,4	5,64	6,37	6,9	8,62	9,22	13,4	14,59	17,3	18,78	19,19	20,97	22,6	24,2	26	26,3	27,3	29,71	31,6	33,6	34,8	34,73	34,9	35,01	
91.	0,07	0,1	0,6	1,09	1,81	3,48	5,31	5,68	6,4	6,87	8,69	9,17	13,42	14,6	17,19	18,8	19,18	21	22,61	24,19	25,82	26,29	27,4	29,8	31,59	33,5	34,71	34,71	34,93	35,1
92.	0,07	0,1	0,6	1,1	1,81	3,53	5,37	5,63	6,29	6,85	8,7	9,14	13,41	14,6	17,18	18,9	19,12	21	22,7	24,23	25,8	26,22	27,4	29,77	31,58	33,51	34,68	34,71	35	35,08
93.	0,07	0,2	0,59	1,1	1,89	3,54	5,2	5,67	6,2	6,9	8,63	9,3	13,4	14,57	17,17	18,81	19,22	21,06	22,62	24,3	25,82	26,3	27,35	29,83	31,57	33,48	34,62	34,73	34,88	35
94.	0,07	0,17	0,58	1,08	1,89	3,59	5,32	5,71	6,29	6,93	8,69	9,24	13,38	14,58	17,2	18,82	19,26	21,09	22,68	24,11	25,9	26,3	27,36	29,8	31,58	33,4	34,7	34,78	34,87	35,2
95.	0,07	0,18	0,57	1	1,91	3,4	5,28	5,8	6,3	6,95	8,58	9,27	13,37	14,61	17,21	18,79	19,25	21,1	22,55	24,1	25,89	26,31	27,37	29,75	31,6	33,45	34,63	34,9	34,8	35,18
96.	0,07	0,19	0,7	1,2	1,93	3,41	5,24	5,73	6,31	6,8	8,7	9,15	13,38	14,61	17,23	18,8	19,2	21,1	22,6	24,3	25,87	26,4	27,31	29,8	31,59	33,48	34,64	34,88	35	35,17
97.	0,08	0,18	0,61	1	1,8	3,49	5,28	5,64	6,32	7	8,61	9,29	13,4	14,68	17,24	18,75	19,21	20,97	22,51	24,2	26	26,32	27,45	29,76	31,61	33,49	34,68	34,81	34,91	35,08
98.	0,07	0,12	0,63	1,17	1,84	3,5	5,24	5,65	6,35	6,81	8,																			

Таблиця Г.7 – Таблиця ходу росту КЕЗТ за роками

Вік, років	Склад	$H_{сер}$, м	$D_{сер}$, м	N дерев, шт.·га ⁻¹	G , м ² ·га ⁻¹	Видове число	Запас, м ³ ·га ⁻¹	Зміна запасу, м ³ ·га ⁻¹	
								сер.	пот.
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
40	54Дз	16,6	17,6	367	8,9	0,491	73	1,8	2,74
	15КЛГ	13,4	14,5	146	2,4	0,520	17	0,4	0,24
	13ЛПД	13,6	15,0	123	2,2	0,519	15	0,4	0,51
	10КЛП	12,3	13,9	111	1,7	0,528	11	0,3	0,09
	8Яс	13,5	15	82	1,4	0,519	10	0,3	0,34
	Разом	-	-	829	16,6	-	126	3,1	3,93
50	60Дз	19,1	20,9	329	11,3	0,481	104,0	2,1	3,42
	13ЛПД	16,5	18,6	89	2,4	0,502	20,0	0,4	0,47
	10КЛГ	16,0	17,7	77	1,9	0,504	15,0	0,3	-0,06
	10КЛП	15,0	16,8	58	1,9	0,510	15,0	0,3	0,34
	7Яс	16,6	18,6	50	1,3	0,501	11,0	0,2	-0,12
	Разом	-	-	630	18,8	-	165	3,3	4,05
60	68Дз	21,3	23,9	306	13,7	0,473	138,0	2,3	3,76
	11ЛПД	18,9	21,7	63	2,3	0,492	22,0	0,4	0,39
	9КЛГ	18,2	20,5	53	1,8	0,495	16,0	0,3	0,26
	7Яс	19,4	22	38	1,5	0,490	14,0	0,2	0,26
	5КЛП	17,2	19,3	30	0,9	0,499	7,0	0,1	-1,23
	Разом	-	-	491	20,1	-	197	3,3	3,44
70	77Дз	23,0	26,8	291	16,4	0,467	177	2,5	3,78
	8КЛГ	20,0	23	45	1,9	0,488	18	0,3	0,23
	7Яс	21,9	25,4	31	1,6	0,483	16	0,2	0,24
	5ЛПД	20,9	24,4	20	0,9	0,486	9	0,1	-1,05
	3КЛП	18,9	21,5	17	0,6	0,492	6	0,1	-0,47
	Разом	-	-	404	21,4	-	226	3,2	2,74
80	86Дз	24,5	29,6	278	19,1	0,463	217	2,7	3,95
	6Яс	24,0	28,6	20	1,3	0,478	15	0,2	-0,54
	4КЛГ	21,4	25,0	20	1,0	0,484	10	0,1	-0,55
	3ЛПД	22,5	26,5	12	0,6	0,481	7	0,1	-0,60
	1КЛП	20,4	23,4	8	0,3	0,487	3	0,0	0,03
	Разом	-	-	337	22,4	-	252	3,2	2,30

Таблиця Г.8 – Таблиця ходу росту КЕЗТ з урахуванням рубок догляду

A, років	Деревостан, що злишається									Частина що вибирається					Заг.прод., м ³ ·га ⁻¹	Загальний приріст, м ³ ·га ⁻¹ ·рік ⁻¹	
	H, м	D, см	N, шт·га ⁻¹	G, м ³ ·га ⁻¹	F	M, м ³ ·га ⁻¹		Зміна запасу, м ³ ·га ⁻¹ ·рік ⁻¹		N, шт·га ⁻¹	H, м	D, см	M, м ³ ·га ⁻¹	ΣM, м ³ ·га ⁻¹		сер.	пот.
						у корі	без кори	сер.	пот.								
20	8,1	8,6	2515	14,6	0,547	65	57	3,2	4,0	929	5,1	4,9	6	18	83	4,1	5,2
30	11,2	11,9	1646	18,3	0,521	107	96	3,6	4,3	335	7,4	7,1	6	30	137	4,6	5,5
40	13,7	14,6	1285	21,5	0,505	149	134	3,7	4,1	155	9,3	9,0	5	40	189	4,7	5,1
50	15,9	17,3	1026	24,1	0,494	189	172	3,8	4,0	128	11,0	10,9	7	53	242	4,8	5,4
60	17,6	19,7	857	26,1	0,486	223	204	3,7	3,3	78	12,4	12,6	6	65	288	4,8	4,5
70	19,1	22,2	721	27,9	0,481	256	235	3,7	3,3	66	13,6	14,4	8	80	336	4,8	4,9
80	20,3	24,7	606	29,0	0,476	280	258	3,5	2,4	58	14,7	16,2	9	97	377	4,7	4,2

Таблиця Г.9 – Хід росту деревостану в КЕЗТ

Вік, років	Середня висота, м	Середній діаметр, см	Сума площ перетинів, м ² /га	Запас, м ³ /га	Зміна запасу, м ³ /[га·рік]		Загальна продуктивність, м ³ /га	Приріст по загальній продуктивності, м ³ /[га·рік]		Відпад м ³ /[га·рік]
					пот.	сер.		пот.	сер.	
20	5,3	5,3	13,6	65	6,49	3,23	71	8,28	3,56	1,78
30	8,3	9,8	23,4	141	8,61	4,71	176	12,37	5,85	3,75
40	11,2	14,6	32,4	234	9,72	5,84	314	15,02	7,84	5,30
50	13,9	19,7	40,4	333	10,06	6,67	471	16,33	9,43	6,27
60	16,5	24,8	47,0	433	9,87	7,22	637	16,57	10,61	6,70
70	18,9	29,8	52,4	529	9,33	7,56	800	16,09	11,43	6,72
80	21,0	34,7	56,8	619	8,61	7,74	956	15,06	11,95	6,45

Таблиця Г.10 – Характеристика екотонів захисного типу з головною породою Дуб звичайний (*Quercus robur* L.)

№ з/п	Склад за ярусами	Порода	Н, м	D, см	Кількість стволів, шт/га	Збереження, %	Запас, м ³ /га	Бонітет	Продуктивність камбія, дм ³ /м ²	Маса листків середнього дерева	Розподіл дерев за станом, %			Клас життєвості
											здорових	всихаю-чих	сухих	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Дуб з кленом гостролистим														
1	I 10Д	Д	19,0+0,33	26,0+0,80	106	22	49	3	1,42	12,8	22	18	60	2
	II 7лЗВз	Кл	16,8+0,40	23,0+0,66	398	57	80	3	1,20	15,3	37	7	56	
		Вз	15,5+0,46	26,0+0,73	133	40	48	4	0,91	11,5	40	12	48	
Дуб з в'язом звичайним														
2	I 10Д	Д	17,0+0,42	23,2+0,81	92	19	35	3	1,26	11,0	19	26	55	2
	II 7Вз3Кл	Вз	16,0+0,55	26,3+0,94	360	35	151	3	1,18	17,2	35	16	49	
		Кл	15,8+0,49	20,9+0,57	102	52	27	4	1,03	13,9	32	5	73	

Таблиця Г.11 – Характеристика екотонів захисного типу з головною породою Береза повисла (*Betula pendula* Roth.)

№ з/п	Склад за ярусами	Порода	H, м	D, см	Кількість стволів, шт/га	Збереження, %	Запас, м ³ /га	Бонітет	Продуктивність камб'я, дм ³ /м ²	Маса листків середнього дерева	Розподіл дерев за станом, %			Клас життєвості
											здорових	всихаючі х	сухих	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Береза з кленом гостролистим														
1	І 10Б	Б	23,8+0,52	33,8+0,86	185	38	159	1	1,75	24,0	38	6	56	1
	ІІ 8Кл2Кля	Кл	17,0+0,48	25,4+0,59	348	50	110	4	1,12	13,9	50	3	47	
		Кля	12,5+0,71	28,0+0,93	96	32	35	4	1,28	12,4	32	8	60	
Береза з в'язом звичайним														
2	І 10Б	Б	23,0+0,61	32,4+0,79	160	33	139	1	1,34	23,7	34	9	67	1
	ІІ 7Вз3Кля	Вз	15,8+0,56	27,0+0,68	394	56	142	4	1,00	21,8	52	5	43	
		Кля	12,0+0,70	26,0+0,88	55	37	29	4	0,87	14,0	20	14	66	

Додаток Д

Визначення коефіцієнтів методом найменших квадратів

Таблиця Д.1 – Видоспецифічні параметри росту діаметра *Quercus robur* на висоті 1,3 м

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
d_1	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
d_2	0,024	0,025	0,026	0,027	0,028	0,029	0,030	0,031	0,032	0,033
d_3	3,762	3,764	3,766	3,768	3,770	3,772	3,774	3,776	3,778	3,780
t_0	-17,1	-17,2	-17,3	-17,4	-17,5	-17,6	-17,7	-17,8	-17,9	-18,0

$$d_1 = 31 \quad d_2 = 0,029 \quad d_3 = 3,772 \quad t_0 = -17,6$$

$$\text{minimum} = 20,1556$$

Таблиця Д.2 – Видоспецифічні параметри росту діаметра *Acer platanoides* на висоті 1,3 м

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
d_1	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
d_2	0,021	0,022	0,023	0,024	0,025	0,026	0,027	0,028	0,029	0,030
d_3	3,560	3,562	3,564	3,566	3,568	3,570	3,572	3,574	3,576	3,578
t_0	-6,5	-6,4	-6,3	-6,2	-6,1	-6,0	-5,9	-5,8	-5,7	-5,6

$$d_1 = 50 \quad d_2 = 0,026 \quad d_3 = 3,568 \quad t_0 = -6$$

$$\text{minimum} = 18,4998$$

Програмна реалізація методу

```

clc; clear all;
N=10;
R=30;
Q=10000;
i=1:Q;
rez = zeros(1,Q);
riz=zeros(1,Q);
%rez=1:Q;
x1=1:N;
x2=1:N;
x3=1:N;
t0=1:N;
mt0=-22.8;
ht0=-0.1;

mx1=24.5;
hx1=0.5;
mx2=0.020;
hx2=0.001;
mx3=2.794;
hx3=0.002;

%=1:R;

```

```

Wmas1={1.7, 3.9, 4.7, 5.1, 6.5, 7.6, 8.1, 8.9, 9.7, 10.5, 10.8, 11.2, 12.9,
13.7, 14.2, 15.3, 15.9, 16.1, 16.5, 17.6, 17.9, 18.3, 18.8, 19.2, 19.6, 19.8,
20.3, 21.4, 21.7 ,22};
Wmas2={1.1, 1.5, 1.7, 2.4, 3.1, 4.7, 5.3, 5.6, 6.1, 7.1, 7.8, 8.4, 9.3, 11.1,
12.7, 13.1, 13.8, 14.7, 15.5, 16.4, 16.9, 17.4, 18.3, 18.9, 19.1, 19.7, 21.0,
21.2, 21.4, 21.7 };
Wmas3={0.09, 1.4, 1.8, 2.1, 5.3, 6.9, 8.6, 9.1, 9.8, 10.2, 10.4, 11.9, 13.8,
14.6, 15.1, 16.2, 17.3, 17.7, 18.9, 19.7, 20.3, 20.7, 21.9, 22.4, 23.5, 24.1,
24.7, 25.3, 25.8, 27.2 };
Wmas4={0.07, 0.1, 0.6, 1.1, 1.9, 3.5, 5.3, 5.7, 6.3, 6.9, 8.6, 9.2, 13.4, 14.6,
17.2, 18.8, 19.2, 20.1, 22.6, 24.2, 25.9, 26.3, 27.4, 29.8, 31.6, 33.5, 34.7,
34.8, 34.9, 35.1 };
%age=1:R;
agez={3,5,8,11,14,17,20,23,26,29,32,35,38,41,44,47,50,53,56,59,62,65,68,71,74,77
,80,83,85,88};
wmas=cell2mat(wmas1);
age=cell2mat(agez);

for n=1:N
    x1(n)=mx1+hx1*(n-1);
    x2(n)=mx2+hx2*(n-1);
    x3(n)=mx3+hx3*(n-1);
    t0(n)=mt0+ht0*(n-1);
end
i=1;
ki=0;
ghj=1:4;

for k1=1:N
    for k2=1:N
        for k3=1:N
            for k4=1:N
                for t=1:R
                    rez(i)=rez(i)+(wmas(t) - x1(k1).*(1 - exp(-x2(k2)*(age(t)-
t0(k4))))).^x3(k3)).^2;
                end
                minimum=min(rez(1:i));
                if (rez(i)==minimum)
                    ki=i;
                end
                if (i==ki)
                    ghj(1)=x1(k1);
                    ghj(2)=x2(k2);
                    ghj(3)=x3(k3);
                    ghj(4)=t0(k4);
                end
                i=i+1;
            end
        end
    end
end

ht=1:R;
for t=1:R
    ht(t)=ghj(1)*(1.0-exp((-ghj(2))*(age(t)-ghj(4))))^ghj(3);
end

minimum=min(rez);

```


Таблиця Д.3 – Видоспецифічні параметри росту *Quercus robur* у висоту

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
c_1	24,5	25	25,5	26	26,5	27	27,5	28	28,5	29
c_2	0,020	0,021	0,022	0,023	0,024	0,025	0,026	0,027	0,028	0,029
c_3	2,794	2,796	2,798	2,800	2,802	2,804	2,806	2,808	2,810	2,812
t_0	-22,8	-22,9	-23,0	-23,1	-23,2	-23,3	-23,4	-23,5	-23,6	-23,7

$$c_1 = 26,5 \quad c_2 = 0,024 \quad c_3 = 2,804 \quad t_0 = -23,3$$

$$\text{minimum} = 5,3743$$

Таблиця Д.4 – Видоспецифічні параметри росту *Acer platanoides* у висоту

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
c_1	26	26,5	27	27,5	28	28,5	29	29,5	30	30,5
c_2	0,022	0,023	0,024	0,025	0,026	0,027	0,028	0,029	0,030	0,310
c_3	3,752	3,754	3,756	3,758	3,760	3,762	3,764	3,766	3,768	3,770
t_0	-17,9	-17,8	-17,7	-17,6	-17,5	-17,4	-17,3	-17,2	-17,1	-17,0

$$c_1 = 28 \quad c_2 = 0,026 \quad c_3 = 3,762 \quad t_0 = -17,5$$

$$\text{minimum} = 4,1854$$

Програмна реалізація методу

```

clc; clear all;
N=10;
R=30;
Q=10000;
i=1:Q;
rez = zeros(1,Q);
riz=zeros(1,Q);
%rez=1:Q;
x1=1:N;
x2=1:N;
x3=1:N;
t0=1:N;
mt0=-22.8;
ht0=-0.1;

mx1=24.5;
hx1=0.5;
mx2=0.020;
hx2=0.001;
mx3=2.794;
hx3=0.002;

%=1:R;
Wmas1={1.7, 3.9, 4.7, 5.1, 6.5, 7.6, 8.1, 8.9, 9.7, 10.5, 10.8, 11.2, 12.9,
13.7, 14.2, 15.3, 15.9, 16.1, 16.5, 17.6, 17.9, 18.3, 18.8, 19.2, 19.6, 19.8,
20.3, 21.4, 21.7 ,22};
Wmas2={1.1, 1.5, 1.7, 2.4, 3.1, 4.7, 5.3, 5.6, 6.1, 7.1, 7.8, 8.4, 9.3, 11.1,
12.7, 13.1, 13.8, 14.7, 15.5, 16.4, 16.9, 17.4, 18.3, 18.9, 19.1, 19.7, 21.0,
21.2, 21.4, 21.7 };
Wmas3={0.09, 1.4, 1.8, 2.1, 5.3, 6.9, 8.6, 9.1, 9.8, 10.2, 10.4, 11.9, 13.8,
14.6, 15.1, 16.2, 17.3, 17.7, 18.9, 19.7, 20.3, 20.7, 21.9, 22.4, 23.5, 24.1,
24.7, 25.3, 25.8, 27.2 };
Wmas4={0.07, 0.1, 0.6, 1.1, 1.9, 3.5, 5.3, 5.7, 6.3, 6.9, 8.6, 9.2, 13.4, 14.6,
17.2, 18.8, 19.2, 20.1, 22.6, 24.2, 25.9, 26.3, 27.4, 29.8, 31.6, 33.5, 34.7,
34.8, 34.9, 35.1 };

```

```

%age=1:R;
agez={3,5,8,11,14,17,20,23,26,29,32,35,38,41,44,47,50,53,56,59,62,65,68,71,74,77
,80,83,85,88};
wmas=cell2mat(wmas1);
age=cell2mat(agez);

for n=1:N
    x1(n)=mx1+hx1*(n-1);
    x2(n)=mx2+hx2*(n-1);
    x3(n)=mx3+hx3*(n-1);
    t0(n)=mt0+ht0*(n-1);
end
i=1;
ki=0;
ghj=1:4;

for k1=1:N
    for k2=1:N
        for k3=1:N
            for k4=1:N
                for t=1:R
                    rez(i)=rez(i)+(wmas(t) - x1(k1).*(1 - exp(-x2(k2)*(age(t)-
t0(k4))))).^x3(k3)).^2;
                end
                minimum=min(rez(1:i));
                if (rez(i)==minimum)
                    ki=i;
                end
                if (i==ki)
                    ghj(1)=x1(k1);
                    ghj(2)=x2(k2);
                    ghj(3)=x3(k3);
                    ghj(4)=t0(k4);
                end
                i=i+1;
            end
        end
    end
end

ht=1:R;
for t=1:R
    ht(t)=ghj(1)*(1.0-exp((-ghj(2))*(age(t)-ghj(4))))^ghj(3);
end

minimum=min(rez);

```

Додаток Е.1

Розрахунок параметрів фотосинтезу деревної рослини на прикладі *Quercus robur*

Основне рівняння має вигляд:

$$d_1 \cdot d_2 \cdot d_3 (1 - \exp(-d_2(t - \tau_0)))^{d_2-1} \cdot \exp(-d_2(t - \tau_0)) = \\ = -\frac{1}{D^2 \cdot H} \cdot c_1 \cdot c_1 \cdot c_3 (1 - \exp(-c_2(t - t_0)))^{c_3-1} \cdot \exp(-c_2(t - t_0)) +$$

$$+ \frac{D \cdot \frac{P_{\max} V^{\frac{2}{3}}}{p} \cdot \ln\left(\frac{P_{\max} + aQ}{P_{\max} + aQ \cdot \exp(-pV)^d}\right) \cdot b}{\left(\alpha \pi H \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2\right)^{\frac{1}{1+\gamma}}} - c \cdot D \cdot H$$

$$H(t) = c_1 (1 - \exp[-c_2(t - t_0)])^{c_2}, \quad (1)$$

$$D(t) = d_1 (1 - \exp[-d_2(t - t_0)])^{d_2}, \quad (2)$$

$$V = \left(\alpha \pi H \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2\right)^{\frac{1}{1+\lambda}}, \quad (3)$$

де a – початковий нахил кривої продуктивності, P – інтенсивність фотосинтезу дерева, P_{\max} – максимальна інтенсивність фотосинтезу одиниці листової поверхні, p – коефіцієнт поглинання світла, d – фрактальна розмірність крони, b – коефіцієнт перетворення енергії у приріст об'єму стовбура, c – коефіцієнт пропорційності витрат енергії на транспорт асимілятів, Q – частка сонячної радіації, яка падає на зовнішню поверхню крони, α , γ – коефіцієнти залежності видового числа від об'єму стовбура.

Додаток Е.2

Обчислення параметрів фотосинтезу та видоспецифічних параметрів об'єму дерева

Задана функція:

$$F(t, a, b, c, d, \alpha, \gamma, P_{\downarrow \max}, p, Q) = \frac{1,8(1 - \exp[-0,024(t + 23,3)])^{1,804} - 1,8(1 - \exp[-0,024(t + 23,3)])^{2,804}}{0,1(1 - \exp(-0,029(t + 17,6)))^{7,55}} \cdot 26,5(1 - \exp(-0,024(t + 23,3)))^{2,804} -$$

$$- c \cdot 0,1(1 - \exp(-0,029(t + 17,6)))^{7,55} \cdot 26,5(1 - \exp(-0,024(t + 23,3)))^{2,804} +$$

$$+ \frac{1}{\left(\frac{\alpha \cdot \pi \cdot 26,5(1 - \exp(-0,024(t + 23,3)))^{2,804}}{4} \cdot 0,1(1 - \exp(-0,029(t + 17,6)))^{7,55} \right)^{\frac{1}{1+\gamma}}} \cdot 0,1(1 - \exp(-0,029(t + 17,6)))^{7,55} \cdot b \cdot \frac{P_{\max} \cdot \left(\frac{\alpha \cdot \pi \cdot 26,5(1 - \exp(-0,024(t + 23,3)))^{2,804}}{4} \cdot 0,1(1 - \exp(-0,029(t + 17,6)))^{7,55} \right)^{\frac{2}{3+3\lambda}}}{p}$$

$$\ln \left[\frac{P_{\max} + aQ}{P_{\max} \cdot aQ \cdot \exp \left(-p \left(\frac{\alpha \cdot \pi \cdot 26,5(1 - \exp(-0,024(t + 23,3)))^{2,804}}{4} \cdot 0,1(1 - \exp(-0,029(t + 17,6)))^{7,55} \right)^{\frac{d}{1+\gamma}} \right)} \right] -$$

$$- 0,04(1 - \exp(-0,029(t + 17,6)))^{2,772} - 0,04(1 - \exp(-0,029(t + 17,6)))^{3,772},$$

слід знайти такі значення параметрів $a, b, c, d, \alpha, \gamma, P_{\max}, p, Q$, при яких

$$\min \sum_{i=1}^{30} F^2(t_i, a, b, c, d, \alpha, \gamma, P_{\max}, p, Q)$$

$$100 \leq a \leq 180$$

$$0,022 \leq b \leq 0,046$$

$$0,0005 \leq c \leq 0,0025$$

$$0,125 \leq d \leq 0,145$$

вираз $0,475 \leq \alpha \leq 0,495$

досягає мінімуму та обчислити цей

$$0,04 \leq \gamma \leq 0,02$$

$$10 \leq P_{\max} \leq 50$$

$$0,75 \leq p \leq 0,95$$

$$05 \leq Q \leq 0,9$$

max

мінімум.

Час t_i приймає значення, які задані таблицею:

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
t_i	3	5	8	11	14	17	20	23	266	29	32	35	38	41	44	47	50	53	56	59	62	65	68	71	74	77	80	83	85	88

Програма обчислення параметрів фотосинтезу та видоспецифічних параметрів об'єму дерева

Програма зчитує параметри з файлу `res/params.csv` та записує результат в `res/output.txt`

Код знаходиться в папці `src/edu`.

`Reader.java` - клас для зчитування з файлу

```
package edu;
import java.io.BufferedReader;
import java.io.FileNotFoundException;
import java.io.FileReader;
import java.io.IOException;
public class Reader {
    private BufferedReader reader;
    private static Reader paramReader;
    private Reader(String fileName) throws FileNotFoundException {
        reader = new BufferedReader(new FileReader(fileName));
    }
    public static Reader reader() throws FileNotFoundException {
        if(paramReader==null)
            paramReader = new Reader("./res/params.csv");
        return paramReader;
    }
    public String readLine() throws IOException {
        return reader.readLine();
    }
    public static double[] asDouble(String[] strings){
        double[] array = new double[strings.length];
        for(int i=0;i<strings.length;i++)
            array[i] = Double.parseDouble(strings[i]);
        return array;
    }
    public static int[] asInt(String[] strings){
```

```

int[] array = new int[strings.length];
for(int i=0;i<strings.length;i++)
    array[i] = Integer.parseInt(strings[i]);
return array;
}

```

Writer.java - клас для запису в файл

```

package edu;
import java.io.FileNotFoundException;
import java.io.PrintWriter;
public class Writer {
    PrintWriter writer;
    private static Writer instance;
    private Writer(String fileName) throws FileNotFoundException {
        writer = new PrintWriter(fileName);
    }
    public static Writer writer() throws FileNotFoundException {
        if(instance == null)
            instance = new Writer("res/output.txt");
        return instance;
    }
    public void println(String string){
        writer.println(string);
    }
    public void println(Double number){
        writer.println(number);
    }
    public void close(){
        writer.close();
    }
}

```

Parameters.java - клас, який зберігає масиви з параметрами

```

package edu;
import java.io.IOException;
import static edu.Reader.*;
public class Parameters {
    private int[] aVals;
    private double[] bVals;
}

```

```
private double[] cVals;
private double[] dVals;
private double[] aVals;
private double[] gamVals;
private int[] pMaxVals;
private double[] pVals;
private double[] qVals;
private int[] tVals;
public Parameters() throws IOException {
    aVals = asInt(reader().readLine().split(", "));
    bVals = asDouble(reader().readLine().split(", "));
    cVals = asDouble(reader().readLine().split(", "));
    dVals = asDouble(reader().readLine().split(", "));
    aVals = asDouble(reader().readLine().split(", "));
    gamVals = asDouble(reader().readLine().split(", "));
    pMaxVals = asInt(reader().readLine().split(", "));
    pVals = asDouble(reader().readLine().split(", "));
    qVals = asDouble(reader().readLine().split(", "));
    tVals = asInt(reader().readLine().split(", "));
}
public int[] getaVals() {
    return aVals;
}
public double[] getbVals() {
    return bVals;
}
public double[] getcVals() {
    return cVals;
}
public double[] getdVals() {
    return dVals;
}
public double[] getAIVals() {
    return aVals;
}
public double[] getGamVals() {
    return gamVals;
}
```

```

}
public int[] getpMaxVals() {
    return pMaxVals;
}
public double[] getpVals() {
    return pVals;
}
public double[] getqVals() {
    return qVals;
}
public int[] gettVals() {
    return tVals;
}

```

Function.java - клас з функцією, яка обчислює результат залежно від заданих параметрів

```

package edu;
import static java.lang.Math.*;
public class Function {
    public static double exec(int t, double a, double b, double c, double d, double al, double gam, double pMax, double p, double q) {
        double res;
        double exp1 = 1- exp(-0.024 * (t + 23.3));
        double exp2 = 1- exp(-0.029 * (t + 17.6));
        double pow1 = pow(exp1, 2.804);
        double pow2 = 0.1*pow(exp2, 7.55);
        double div = pow2*26.5*pow1;
        double f = al*PI*26.5*pow1/4*pow2;
        double aq = a*q;
        res = -1.8 * (pow(exp1, 1.804) - pow1)/div - c*div;
        res += pow2/(pow(f,1/(1+gam)))*b*pMax*pow(f, 2/(3+(3*gam)))/p*log((pMax + aq)/(pMax*aq*exp(-p*pow(f, d/(1+gam))))));
        return res - 0.04*(pow(exp2, 2.772)+pow(exp2, 3.772));
    }
}

```

Main.java - координує роботу програми

```

package edu;
import java.io.IOException;
import static edu.Writer.writer;
import static java.lang.Math.abs;
public class Main {

```



```

public static void main(String[] args) throws IOException {
    Parameters params = new Parameters();
    long time = System.currentTimeMillis();
    double min = Double.MAX_VALUE;
    String minParams = "";
    int status = 0;
    int complete = params.getaVals().length * params.getbVals().length;
    for (double a : params.getaVals())
        for (double b : params.getbVals()) {
            System.out.printf("%d%%%", (int)((float)++status/complete*100));
            for (double c : params.getcVals())
                for (double d : params.getdVals())
                    for (double al : params.getAlVals())
                        for (double gam : params.getGamVals())
                            for (double pMax : params.getpMaxVals())
                                for (double p : params.getpVals())
                                    for (double q : params.getqVals()) {
                                        double sum = 0;
                                        for (int t : params.gettVals())
                                            sum += Function.exec(t, a, b, c, d, al, gam, pMax, p, q);
                                        if (abs(sum) < abs(min)) {
                                            min = sum;
                                            minParams = String.format("a = %.2f b = %.2f c = %.4f d = %.2f al = %.2f gam = %.2f pMax = %.2f p = %.2f q = %.2f", a, b, c,
d, al, gam, pMax, p, q);
                                        }
                                    }
                                }
                            }
                        }
                    }
                }
            }
        }
    }
    writer().println(String.format("Execution time: %.2fs", ((double) System.currentTimeMillis() - time) / 1000));
    writer().println("Min: " + min);
    writer().println(minParams);
    writer().close();
}

```

Execution time: 156.99s
Min: 8.552611043380224

$a = 5,00$ $b = 0,05$ $c = 0,0005$ $d = 0,30$ $al = 0,30$ $gam = 0.02$ $P_{max} = 50,00$ $p = 90,00$ $q = 0,40$

Додаток Є

Розрахунок запасу насадження в будь-який період часу

Таблиця Є.1 – Обчислення маси деревостану

k	t рік	b	K ТОНН	q_k ТОНН	w_k , ТОНН	$x(t_k)$, ТОНН	$x_{qk}(t_k)$ ТОНН	$x_{qk}(t_{k+1})$ ТОНН	$x_{qkwk}(t_{2k+3})$ ТОНН
0	1	1	1000	-	-	450	450	450	-
1	2	1	1000	150	0	797,66	647,66	797,66	-
2	3	1	1000	0	100	925,56	925,56	870,38	-
3	4	1	1000	0	0	972,61	972,61	972,61	-
4	5	1	1000	0	0	989,92	989,92	989,92	6,58
5	6	1	1000	100	0	996,29	896,29	996,29	-
6	7	1	1000	0	90	996,29	998,63	961,84	6,52
7	8	1	1000	0	0	999,49	999,49	999,49	-
8	9	1	1000	0	0	999,81	999,81	999,81	7,10
9	10	1	1000	0	0	999,93	999,93	999,93	-
10	11	1	1000	230	0	999,97	769,97	999,97	-
11	12	1	1000	0	170	999,99	999,99	915,37	-
12	13	1	1000	0	0	999,996	999,99	999,99	-
13	14	1	1000	0	0	999,998	999,99	999,99	-
14	15	1	1000	320	0	999,999	679,99	999,99	-

Код програми (MATLAB):

```

clc;
K = 1000;
b = 1;
N = 10;
x0 = 350;
t0 = 1;
xtk(1:N) = 0;
for k=1:N
    t = k;
    xtk(t) = K - (K - x0)*exp(-b*(t - t0));
end
qk = [0, 400, 200, 600, 400, 380, 500, 100, 150, 350];
wk = [0, 300, 600, 100, 400, 400, 200, 100, 200, 400];
xqtk(1:N) = 0;
for k=1:N
    xqtk(k) = xtk(k) - qk(k);
end
xqtk_1(1:N) = 0;
xqtk_1(1) = 350;
for k=1:N-1
    t = k;
    xqtk_1(t + 1) = K - (K - xqtk(k))*exp(-b*((t+1) - t));
end
xqkwk(1:N) = 0;
for k=1:3
    t = k;

```

```

xqkwk(2*t + 3) = K - (K - (K - xqktk(t) * exp(-b*(2*t+2 - 2*t + 1)) +
wk(t)) * exp(-b*(2*t+3 - 2*t+2)));
end
t = 1:N;
plot(xtk, t);
hold on;
plot(xqktk, t);
hold on;
plot(xqktk_1, t);
hold on;
plot(xqkwk, t);

```

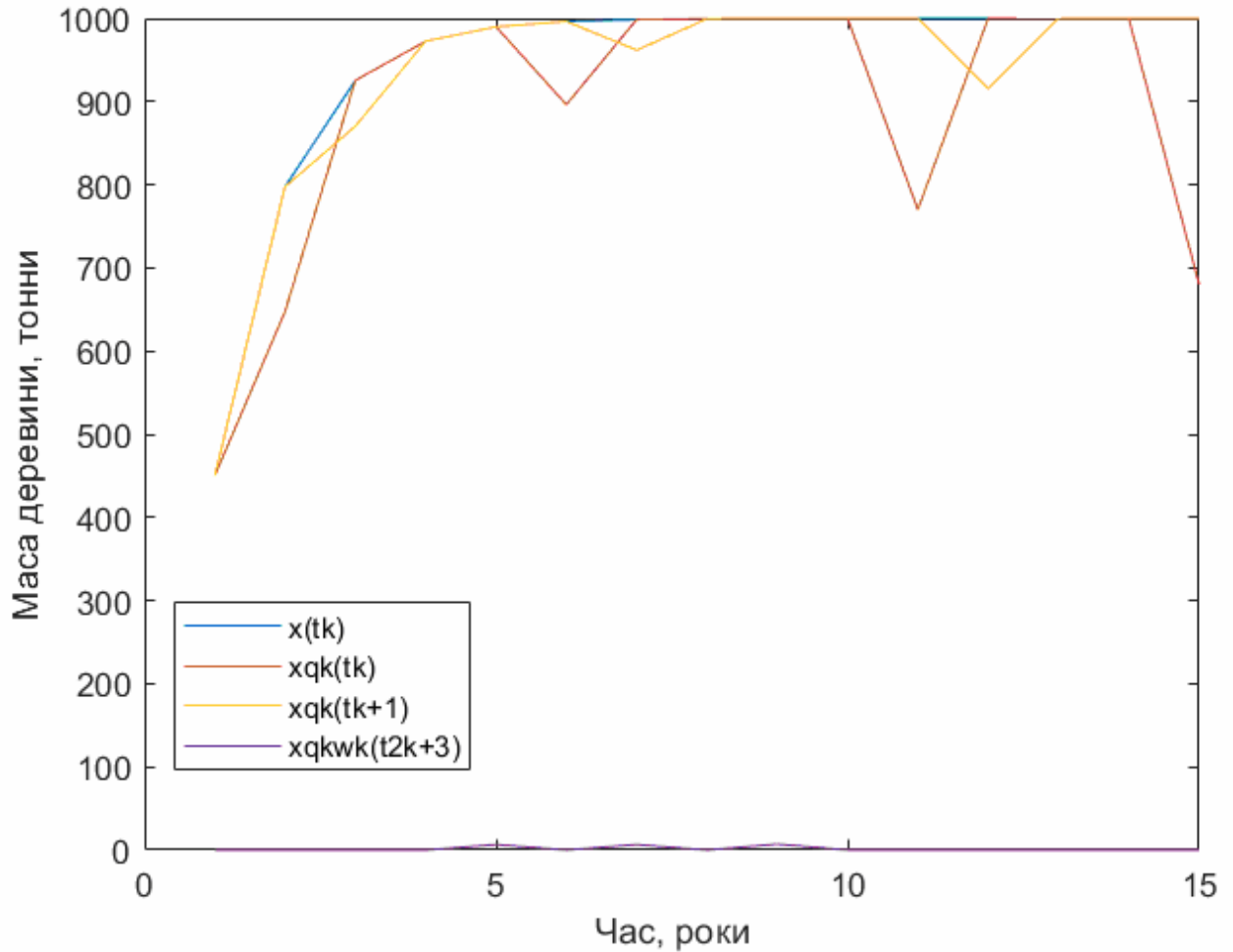


Рисунок Є.1 – Графік залежності маси деревостану від часу

Додаток Ж

**Флористична і ценотична характеристика рослинних угруповань КЕЗТ
на ділянці колії Львів – Стрий**

Таблиця Ж.1 – Видова насиченість провідних родин у флористичному складі рослинних угруповань КЕЗТ ділянки колії Львів – Стрий

Родини	Деревні види					
	<i>Quercus robur</i>		<i>Robinia pseudoacacia</i>		<i>Pinus pallasiana</i> і <i>P. sylvestris</i>	
	участь, %	кіль-сть видів	участь, %	кіль-сть видів	участь, %	кіль-сть видів
<i>Asteraceae</i>	15,79	6	18,42	7	30,0	27
<i>Poaceae</i>	13,16	5	5,26	2	8,89	8
<i>Rosaceae</i>	7,89	3	5,06	2	4,44	4
<i>Fabaceae</i>	13,16	5	7,89	3	5,56	5
<i>Caryophyllaceae</i>	2,63	1	2,63	1	3,33	3
<i>Lamiaceae</i>	7,89	3	5,26	2	4,4	4
<i>Boraginaceae</i>	2,63	1	7,89	3	3,33	3
<i>Apiaceae</i>	5,26	2	7,89	3	4,44	4
<i>Brassicaceae</i>	2,63	1	5,26	2	7,78	7
<i>Polygonaceae</i>	-	-	5,26	2	2,22	2

Таблиця Ж.2 – Біоморфологічні спектри рослинності флористичного складу КЕЗТ

Ознаки життєвої форми	Деревні види					
	<i>Quercus robur</i>		<i>Robinia pseudoacacia</i>		<i>Pinus pallasiana i P. sylvestris</i>	
	участь, %	кількість видів	участь, %	кількість видів	участь, %	кількість видів
За загальним габітусом та тривалістю життєвого циклу						
Деревні рослини	23,6	9	17,9	7	8,9	8
Напівдеревні рослини	-	-	-	-	2,2	2
Трав'янисті полікарпіки	47,4	18	30,8	12	43,4	39
Монокарпіки	29,0	11	51,3	20	45,5	41
За структурою надземних пагонів						
Безрозеткові	55,3	21	43,6	17	40,0	36
Напіврозеткові	42,1	16	48,7	19	56,7	51
Розеткові	2,6	1	7,7	3	3,3	3
За формую кореневих систем						
Стрижнева	65,8	25	82,1	32	73,3	66
Мичкувата	34,2	13	17,9	7	26,7	24
За типом вегетації						
Літньозелені	57,9	22	48,7	19	50,0	45
Літньозимовозелені	34,2	13	25,6	10	32,3	29
Ефемери	7,9	3	23,1	9	14,4	13
Ефемероїди	-	-	2,6	1	1,1	1
Вічнозелені	-	-	-	-	2,2	2
За поширенням						
Евритопні	15	6	25,6	10	32,2	29
Геміевритопні	8	31	71,8	28	63,4	57
Гемістенотопні	81,6	1	2,6	1	4,4	4
За зустрічністью (частотою трапляння)						
Звичайні	86,8	33	84,6	33	93,3	84
Рідко	10,5	4	12,8	5	5,6	5
Дуже рідко	2,7	1	2,6	1	1,1	1
Всього видів	38		39		90	

Додаток З

Закономірності розподілу есенціальних хімічних елементів у КЕЗТ

Таблиця 3.1 – Варіаційно-статистичні показники вмісту мікроелементів-біофілів (*Cu*, *Zn*) та токсикантів (*Pb*, *Cd*) у досліджуваних зразках ґрунту [161]

№ з/п	Місце відбору проб (ділянки колії)	Відстань до колії, м	Значення, мг/кг (ppm)			
			Cu ²⁺	Zn ²⁺	Pb ²⁺	Cd ²⁺
1	2	3	4	5	6	7
1.	Львів – Мостиська	200	1,00	1,03	0,004	0,007
		150	1,44	2,08	0,008	0,0078
		100	1,97	1,85	0,009	0,008
		50	1,64	1,25	0,007	0,0065
		0	3,45	2,78	0,032	0,047
2.	Львів – Рівне	200	3,01	3,56	0,0027	0,001
		150	1,24	1,87	0,0034	0,002
		100	2,13	2,78	0,003	0,0031
		50	1,17	1,54	0,004	0,003
		0	4,04	5,02	0,029	0,037
3.	Львів – Розлуч	200	2,11	2,56	0,0011	0,0012
		150	1,54	2,50	0,0021	0,0023
		100	1,13	1,45	0,0027	0,003
		50	1,17	1,54	0,0029	0,0032
		0	2,56	2,16	0,003	0,0037
4.	Львів-Рава-Руська	200	1,57	2,50	0,0031	0,0032
		150	1,75	1,66	0,003	0,004
		100	2,13	2,78	0,0046	0,0057
		50	2,22	2,68	0,0045	0,0053
		0	3,68	4,54	0,004	0,005
5.	Львів-Луцьк	200	2,56	2,79	0,0021	0,001
		150	2,16	2,53	0,0027	0,002
		100	1,75	2,12	0,0029	0,0023
		50	2,13	2,41	0,003	0,0027
		0	3,45	3,04	0,0034	0,0029
6.	Львів-Ходорів	200	2,23	2,57	0,003	0,0047
		150	2,34	2,94	0,0031	0,005
		100	3,40	3,03	0,0032	0,0054
		50	3,46	3,17	0,004	0,0056
		0	4,08	4,35	0,0043	0,006
7.	Ковель-Луцьк	200	2,63	2,94	0,0027	0,003
		150	2,97	3,05	0,003	0,0032
		100	3,45	3,67	0,0032	0,004
		50	3,76	3,92	0,0038	0,0041
		0	4,12	4,27	0,004	0,0045
8.	Красне-Тернопіль	200	3,08	3,17	0,004	0,0041
		150	3,54	4,02	0,005	0,005
		100	4,75	4,78	0,0053	0,0058
		50	5,03	5,63	0,0067	0,006
		0	5,17	6,36	0,007	0,0068

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6	7
9.	Івано-Франківськ – Чернівці	200	0,98	1,47	0,0019	0,0021
		150	1,44	2,07	0,002	0,002
		100	1,87	2,10	0,0021	0,0023
		50	2,02	2,45	0,0022	0,0027
		0	2,17	2,67	0,0026	0,0029
10.	Ужгород – Чоп	200	2,45	2,78	0,0037	0,0027
		150	2,32	2,47	0,004	0,0029
		100	2,87	2,16	0,0041	0,003
		50	3,01	3,16	0,0042	0,0042
		0	3,14	3,45	0,005	0,0047

Таблиця 3.2 – Варіаційно-статистичні показники вмісту мікроелементів-біофілів (Cu, Zn) та токсикантів (Pb, Cd) у фітомасі захисних лісових насаджень залізниці

№ з/п	Фітомаса рослин	Відстань до колії, м	Значення, мг/кг (ppm)			
			Cu ²⁺	Zn ²⁺	Pb ²⁺	Cd ²⁺
1	2	3	4	5	6	7
Львів – Здовбунів						
1.	Гілки	200	2,65	2,09	0,0042	0,0047
		150	2,77	2,37	0,0048	0,0047
		100	3,17	3,15	0,0049	0,0049
		50	3,45	3,65	0,005	0,005
2.	Листя	200	2,68	3,17	0,005	0,0049
		150	3,07	3,42	0,0051	0,005
		100	3,12	3,58	0,0057	0,0058
		50	4,52	4,76	0,006	0,006
3.	Кора	200	2,08	1,96	0,003	0,0028
		150	2,19	2,00	0,0032	0,003
		100	2,37	2,48	0,0037	0,0039
		50	2,62	2,73	0,004	0,0045
4.	Коріння	200	2,19	1,97	0,004	0,004
		150	2,34	2,08	0,004	0,0045
		100	2,59	2,77	0,0043	0,0049
		50	3,01	3,42	0,005	0,0055
Львів – Стрий – Берегово						
5.	Гілки	200	1,89	2,68	0,0041	0,0035
		150	1,92	2,75	0,004	0,0037
		100	2,08	3,02	0,0047	0,0038
		50	2,34	3,13	0,0049	0,004
6.	Листя	200	2,47	3,04	0,004	0,0047
		150	2,13	3,95	0,0049	0,005
		100	2,39	4,01	0,0053	0,0051
		50	3,75	4,17	0,0058	0,0057
7.	Кора	200	1,52	1,00	0,0027	0,002
		150	1,68	1,76	0,0031	0,003
		100	2,03	1,92	0,0034	0,0031
		50	2,14	2,08	0,0035	0,0037

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6	7
8.	Коріння	200	1,45	1,68	0,0032	0,0034
		150	1,89	2,18	0,0037	0,0035
		100	2,21	2,37	0,004	0,004
		50	2,36	2,69	0,004	0,0043
Львів – Коломия						
9.	Гілки	200	1,57	2,50	0,004	0,0041
		150	1,66	2,25	0,0032	0,0037
		100	1,26	2,03	0,0031	0,0035
		50	1,52	2,25	0,0037	0,004
10.	Листя	200	1,89	3,00	0,003	0,0032
		150	1,53	2,32	0,0031	0,0037
		100	1,45	1,17	0,003	0,004
		50	4,04	2,45	0,0037	0,0041
11.	Кора	200	1,57	2,08	0,002	0,0023
		150	1,44	1,50	0,0021	0,0028
		100	1,97	1,25	0,0027	0,0028
		50	1,64	1,85	0,0029	0,003
12.	Коріння	200	1,00	1,09	0,002	0,0021
		150	1,42	1,77	0,0021	0,0023
		100	1,44	2,08	0,0027	0,0028
		50	1,96	2,47	0,0028	0,003

Таблиця 3.3 – Показники інтенсивності накопичення мікроелементів-біофілів у наземній фітомасі рослин в екотонах захисного типу на шляхах залізничного транспорту [161]

№ з/п	Фітомаса рослин	Відстань до колії, м	Коефіцієнт накопичення, Кн		Кларк концентрації, КК		Кларк розсіювання, КР	
			Cu ²⁺	Zn ²⁺	Cu ²⁺	Zn ²⁺	Cu ²⁺	Zn ²⁺
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Львів – Здовбунів								
1.	Гілки	200	0,0883	0,0294	0,0312	0,0279	32,0755	35,8852
		150	0,0923	0,0334	0,0326	0,0316	30,6859	31,6456
		100	0,1057	0,0444	0,0373	0,0420	26,8139	23,8095
		50	0,1150	0,0514	0,0406	0,0487	24,6377	20,5479
2.	Листя	200	0,0893	0,0446	0,0315	0,0423	31,7164	23,6593
		150	0,1023	0,0482	0,0361	0,0456	27,6873	21,9298
		100	0,1040	0,0504	0,0367	0,0477	27,2436	20,9497
		50	0,1507	0,0670	0,0532	0,0635	18,8053	15,7563
3.	Кора	200	0,0693	0,0276	0,0245	0,0261	40,8654	38,2653
		150	0,0730	0,0282	0,0258	0,0267	38,8128	37,5000
		100	0,0790	0,0349	0,0279	0,0331	35,8650	30,2419
		50	0,0873	0,0385	0,0308	0,0364	32,4427	27,4725
4.	Коріння	200	0,0730	0,0277	0,0258	0,0263	38,8128	38,0711
		150	0,0780	0,0293	0,0275	0,0277	36,3248	36,0577
		100	0,0863	0,0390	0,0305	0,0369	32,8185	27,0758
		50	0,1003	0,0482	0,0354	0,0456	28,2392	21,9298

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Львів – Стрий – Берегово								
5.	Гілки	200	0,0630	0,0377	0,0222	0,0357	44,9735	27,9851
		150	0,0640	0,0387	0,0226	0,0367	44,2708	27,2727
		100	0,0693	0,0425	0,0245	0,0403	40,8654	24,8344
		50	0,0780	0,0441	0,0275	0,0417	36,3248	23,9617
6.	Листя	200	0,0823	0,0428	0,0291	0,0405	34,4130	24,6711
		150	0,0710	0,0556	0,0251	0,0527	39,9061	18,9873
		100	0,0797	0,0565	0,0281	0,0535	35,5649	18,7032
		50	0,1250	0,0587	0,0441	0,0556	22,6667	17,9856
7.	Кора	200	0,0507	0,0141	0,0179	0,0133	55,9211	75,0000
		150	0,0560	0,0248	0,0198	0,0235	50,5952	42,6136
		100	0,0677	0,0270	0,0239	0,0256	41,8719	39,0625
		50	0,0713	0,0293	0,0252	0,0277	39,7196	36,0577
8.	Коріння	200	0,0483	0,0237	0,0171	0,0224	58,6207	44,6429
		150	0,0630	0,0307	0,0222	0,0291	44,9735	34,4037
		100	0,0737	0,0334	0,0260	0,0316	38,4615	31,6456
		50	0,0787	0,0379	0,0278	0,0359	36,0169	27,8810
Львів – Коломия								
9.	Гілки	200	0,0523	0,0352	0,0185	0,0333	54,1401	30,0000
		150	0,0553	0,0317	0,0195	0,0300	51,2048	33,3333
		100	0,0420	0,0286	0,0148	0,0271	67,4603	36,9458
		50	0,0507	0,0317	0,0179	0,0300	55,9211	33,3333
10.	Листя	200	0,0630	0,0423	0,0222	0,0400	44,9735	25,0000
		150	0,0510	0,0327	0,0180	0,0309	55,5556	32,3276
		100	0,0483	0,0165	0,0171	0,0156	58,6207	64,1026
		50	0,1347	0,0345	0,0475	0,0327	21,0396	30,6122
11.	Кора	200	0,0523	0,0293	0,0185	0,0277	54,1401	36,0577
		150	0,0480	0,0211	0,0169	0,0200	59,0278	50,0000
		100	0,0657	0,0176	0,0232	0,0167	43,1472	60,0000
		50	0,0547	0,0261	0,0193	0,0247	51,8293	40,5405
12.	Коріння	200	0,0333	0,0154	0,0118	0,0145	85,0000	68,8073
		150	0,0473	0,0249	0,0167	0,0236	59,8592	42,3729
		100	0,0480	0,0293	0,0169	0,0277	59,0278	36,0577
		50	0,0653	0,0348	0,0231	0,0329	43,3673	30,3644

Додаток І

Закономірності розподілу ^{137}Cs ^{90}Sr в КЕЗТТаблиця І.1 – Питома та сумарна активність ^{137}Cs в компонентах КЕЗТ (щільність забруднення ґрунту ^{137}Cs – $37,2 \pm 1,75$ кБк/м²)

Компоненти КЕЗТ	Маса, кг/га	Питома активність ^{137}Cs , Бк/кг	Сумарна активність ^{137}Cs , кБк/га	Частка від активності ^{137}Cs , в КЕЗТ, %
1	2	3	4	5
Деревостан	139417	64	8882,5	4,06
<i>Quercus robur</i> L., деревина	77591,9 ± 4012,6	31 ± 2	2405,4	1,10
Кора зовнішня	28829,1 ± 627,5	88 ± 5	2537,0	1,16
Кора внутрішня	7432,8 ± 478,7	103 ± 5	765,6	0,35
Гілки товсті	19978,9 ± 1479,5	75 ± 7	1498,4	0,68
Гілки тонкі	1793,9 ± 97,4	215 ± 13	385,7	0,18
Гілки сухі	253,1 ± 17,2	95 ± 4	24,0	0,01
Пагони 1-річні	318,5 ± 21,0	617 ± 49	196,5	0,09
Листя	3159,0 ± 251,2	330 ± 28	1042,5	0,48
Жолуді	59,4 ± 3,3	462 ± 40	27,4	0,01
Моховий ярус	36,0	499	18,0	0,008
<i>Hypnum cupressiforme</i> Hedw.	23,0 ± 1,3	490 ± 35	11,3	0,005
<i>Brachythecium oedipodium</i> (Mitt.) Jaeg.	6,2 ± 0,3	540 ± 46	3,4	0,002
<i>B. salebrosum</i> (Web. et Mohr) B.S.G.	2,8 0,2	554 ± 42	1,6	0,001
<i>B. velutinum</i> (Hedw.) B.S.G.	1,3 ± 0,1	532 ± 44	0,7	0,0003
<i>Polisia polyantha</i> (Hedw.) B.S.G.	1,2 ± 0,1	488 ± 31	0,6	0,0003
<i>Polytrichum commune</i> Hedw.	1,5 ± 0,1	340 ± 26	0,5	0,0002
Лишайниковий ярус	219,4	575	126,2	0,058
<i>Evernia prunastri</i> (L.) Ach.	33,9 ± 1,4	240 ± 17	8,1	0,004
<i>Parmelia sulcata</i> Taylor	172,7 ± 9,3	643 ± 43	111,1	0,05
<i>Hypogymnia physodes</i> (L.) Nyl.	12,7 ± 0,8	550 ± 46	7,0	0,003
Підлісок	3350,5	68	228,2	0,104
<i>Frangula alnus</i> , стовбурці	129,5 ± 9,8	30 ± 3	3,9	0,002
Гілки товсті	50,4 ± 3,1	34 ± 2	1,7	0,0008
Гілки тонкі	55,3 ± 3,8	45 ± 47	2,5	0,001
Листя	39,6 ± 2,2	66 ± 5	2,6	0,001
<i>Robus idaeus</i> L., стовбурець	6,2 ± 0,3	52 ± 4	0,3	0,0001
Листя	3,3 ± 0,2	280 ± 22	0,9	0,0004
Підріст	63,0	114	7,2	0,003
<i>Carpinus betulus</i> , стовбурець	17,5 ± 1,1	74 ± 4	1,3	0,0006
Листя	7,4 ± 0,4	200 ± 12	1,5	0,007
<i>Populus tremula</i> , стовбурець	3,4 ± 0,1	155 ± 11	0,5	0,0002
Листя	1,7 ± 0,1	390 ± 32	0,7	0,0003
<i>Quercus robur</i> , стовбурець	1,0 ± 0,04	113 ± 6	0,1	0,00005
Листя	0,8 ± 0,1	533 ± 50	0,4	0,0002

1	2	3	4	5
<i>Acer platanoides</i> , стовбурець	18,7 ± 1,7	43 ± 3	0,8	0,0004
Листя	9,4 ± 0,6	114 ± 10	1,1	0,0005
Трав'яний ярус	696,9	145	101,0	0,046
<i>Carex brizoides</i>	570,4 ± 31,1	147 ± 10	83,8	0,038
<i>Stellaria holostea</i>	122,4 ± 6,9	124 ± 10	15,2	0,007
<i>Calamagrostia arundinace</i> (L.) Roth	1,4 ± 0,1	128 ± 8	0,2	0,0001
<i>Athyrium filix-femina</i>	1,2 ± 0,04	911 ± 72	1,1	0,0005
<i>Dryopteris carthusiana</i>	0,4 ± 0,03	687 ± 53	0,3	0,0001
<i>D. filix-mas</i> (L.) Schott	0,1 ± 0,00	733 ± 34	0,1	0,00004
<i>Maianthemum bifolium</i>	0,08 ± 0,00	696 ± 37	0,06	0,00003
<i>Equisetum sylvaticum</i> L.	0,1 ± 0,00	238 ± 14	0,03	0,00001
<i>Luzula pilosa</i> L.	0,2 ± 0,01	114 ± 10	0,03	0,00001
<i>Oxalis acetosella</i> L.	0,03 ± 0,00	590 ± 33	0,02	0,00001
<i>Lysimachia vulgaris</i> L.	0,3 ± 0,01	420 ± 36	0,01	0,00005
<i>Polygonatum odoratum</i> (Mill.) Druce	0,2 ± 0,01	310 ± 20	0,05	0,00002
<i>Trientalis europaea</i> L.	0,1 ± 0,01	766 ± 41	0,09	0,00004
<i>Stachys sylvatica</i> L.	0,1 ± 0,01	250 ± 16	0,02	0,00001
Ярус макроміцетів	84,5	3143	265,8	0,121
<i>Russula cyanoxantha</i> (Schaeff. ex Schw.) Fr.	15,1 ± 0,8	3693 ± 281	55,9	0,026
<i>Russula virescens</i> (Schaeff. ex Schw.) Fr.	9,6 ± 0,5	2248 ± 133	21,5	0,010
<i>R. delica</i> Fr.	4,6 ± 0,3	2054 ± 174	9,4	0,004
<i>R. xerampelina</i> Fr.	10,7 ± 0,8	4040 ± 345	43,0	0,020
<i>Cantharellus cibarius</i> Fr.	4,2 ± 0,3	735 ± 36	3,1	0,001
<i>Amanita citrina</i> (Schaeff.) Roques	7,1 ± 0,4	338 ± 24	2,4	0,001
<i>Paxillus involutus</i> (Batsch. ex Fr.) Fr.	17,9 ± 1,1	4820 ± 361	86,4	0,040
<i>Xerocomus badius</i> (Fr.) Kuhner	6,7 ± 0,4	5965 ± 425	40,2	0,018
<i>Muscena pura</i> (Pers. ex Fr.) Kumm.	0,03 ± 0,00	540 ± 45	0,02	0,00001
Грунт	4238400	51	213642,0	95,603
Лісова підстилка	17200	250	4294,0	1,961
Но нерозкладена	5200 ± 206,5	115 ± 4	598,0	0,273
Но напіврозкладена + розкладена	12000 ± 546,8	308 ± 31	3696,0	1,688
Мінеральний шар ґрунту	4221200	50	209348,0	93,642
HE 0-5 см	441000 ± 21952,8	326 ± 19	143766,0	65,65
HE 5-10 см	623000 ± 27264,8	65 ± 4	40495,0	18,49
HE 10-15 см	662000 ± 21343,4	13 ± 1	8606,0	3,93
E 15-20 см	715000 ± 30042,8	6 ± 1	4290,0	1,96
EI 20-25 см	845000 ± 50200,0	5 ± 1	4225,0	1,93
EI 25-30 см	918000 ± 46212,4	4 ± 1	3672,0	1,68

Таблиця І.2 – Питома та сумарна активність ^{90}Sr в компонентах КЕЗТ
(щільність забруднення ґрунту ^{90}Sr – $17,4 \pm 0,21$ кБк/м²)

Компоненти КЕЗТ	Маса, кг/га	Питома активність ^{90}Sr , Бк/кг	Сумарна активність ^{90}Sr , кБк/га	Частка від активності ^{90}Sr , в КЕЗТ, %
1	2	3	4	5
Деревостан	139417	28	2798,6	2,009
<i>Quercus robur</i> L., деревина	77591,9 ± 4012,6	14 ± 6	285,4	0,85
Кора зовнішня	28829,1 ± 627,5	42 ± 3	872,1	0,62
Кора внутрішня	7432,8 ± 478,7	51 ± 2	268,7	0,12
Гілки товсті	19978,9 ± 1479,5	39 ± 5	761,8	0,34
Гілки тонкі	1793,9 ± 97,4	198 ± 11	197,3	0,08
Гілки сухі	253,1 ± 17,2	49 ± 6	12,5	0,005
Пагони 1-річні	318,5 ± 21,0	256 ± 32	105,2	0,09
Листя	3159,0 ± 251,2	164 ± 25	598,7	0,24
Жолуді	59,4 ± 3,3	281 ± 33	16,1	0,047
Моховий ярус	36,0	312	10,3	0,006
<i>Hypnum cupressiforme</i> Hedw.	23,0 ± 1,3	260 ± 28	6,8	0,003
<i>Brachythecium oedipodium</i> (Mitt.) Jaeg.	6,2 ± 0,3	289 ± 41	1,9	0,001
<i>B. salebrosum</i> (Web. et Mohr) B.S.G.	2,8 ± 0,2	267 ± 39	0,8	0,0005
<i>B. velutinum</i> (Hedw.) B.S.G.	1,3 ± 0,1	246 ± 44	0,4	0,0002
<i>Polaisia polyantha</i> (Hedw.) B.S.G.	1,2 ± 0,1	272 ± 30	0,3	0,0001
<i>Polytrichum commune</i> Hedw.	1,5 ± 0,1	180 ± 20	0,2	0,0001
Лишайниковий ярус	219,4	294	65,1	0,032
<i>Evernia prunastri</i> (L.) Ach.	33,9 ± 1,4	114 ± 15	5,3	0,003
<i>Parmelia sulcata</i> Taylor	172,7 ± 9,3	327 ± 45	57,8	0,09
<i>Hypogymnia physodes</i> (L.) Nyl.	12,7 ± 0,8	257 ± 40	4,0	0,004
Підлісок	3350,5	42	126,1	0,206
<i>Frangula alnus</i> , стовбурці	129,5 ± 9,8	17 ± 5	2,4	0,005
Гілки товсті	50,4 ± 3,1	19 ± 4	1,3	0,0004
Гілки тонкі	55,3 ± 3,8	36 ± 6	2,3	0,006
Листя	39,6 ± 2,2	39 ± 7	1,9	0,003
<i>Robus idaeus</i> L., стовбурець	6,2 ± 0,3	43 ± 8	0,5	0,0002
Листя	3,3 ± 0,2	195 ± 23	0,7	0,0001
Підріст	63,0	62	5,3	0,007
<i>Carpinus betulus</i> , стовбурець	17,5 ± 1,1	39 ± 5	0,8	0,0004
Листя	7,4 ± 0,4	125 ± 14	0,7	0,0009
<i>Populus tremula</i> , стовбурець	3,4 ± 0,1	84 ± 12	0,4	0,0003
Листя	1,7 ± 0,1	202 ± 30	0,3	0,0003
<i>Quercus robur</i> , стовбурець	1,0 ± 0,04	56 ± 8	0,2	0,00002
Листя	0,8 ± 0,1	271 ± 45	0,3	0,0004
<i>Acer platanoides</i> , стовбурець	18,7 ± 1,7	24 ± 4	0,5	0,0002
Листя	9,4 ± 0,6	28 ± 2	0,4	0,0001
Трав'яний ярус	696,9	79	56,3	0,032
<i>Carex brizoides</i>	570,4 ± 31,1	82 ± 6	45,1	0,052

<i>I</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
<i>Stellaria holostea</i>	122,4 ± 6,9	69 ± 8	7,9	0,008
<i>Calamagrostia arundinace</i> (L.) Roth	1,4 ± 0,1	68 ± 5	0,3	0,0002
<i>Athyrium filix-femina</i>	1,2 ± 0,04	463 ± 71	1,7	0,008
<i>Dryopteris carthusiana</i>	0,4 ± 0,03	352 ± 49	0,2	0,0001
<i>D. filix-mas</i> (L.) Schott	0,1 ± 0,00	415 ± 32	0,1	0,00002
<i>Maianthemum bifolium</i>	0,08 ± 0,00	397 ± 30	0,03	0,00001
<i>Equisetum sylvaticum</i> L.	0,1 ± 0,00	189 ± 11	0,01	0,00001
<i>Luzula pilosa</i> L.	0,2 ± 0,01	58 ± 12	0,02	0,00001
<i>Oxalis acetosella</i> L.	0,03 ± 0,00	276 ± 27	0,02	0,00001
<i>Lysimachia vulgaris</i> L.	0,3 ± 0,01	305 ± 34	0,01	0,00007
<i>Polygonatum odoratum</i> (Mill.) Druce	0,2 ± 0,01	290 ± 18	0,06	0,00003
<i>Trientalis europaea</i> L.	0,1 ± 0,01	438 ± 32	0,08	0,00005
<i>Stachys sylvatica</i> L.	0,1 ± 0,01	178 ± 14	0,01	0,00001
Ярус макроміцетів	84,5	1863	185,7	0,115
<i>Russula cyanoxantha</i> (Schaeff. ex Schw.) Fr.	15,1 ± 0,8	1584 ± 276	27,8	0,014
<i>Russula virescens</i> (Schaeff. ex Schw.) Fr.	9,6 ± 0,5	998 ± 126	15,4	0,013
<i>R. delica</i> Fr.	4,6 ± 0,3	957 ± 161	5,8	0,003
<i>R. xerampelina</i> Fr.	10,7 ± 0,8	3018 ± 325	28,1	0,010
<i>Cantharellus cibarius</i> Fr.	4,2 ± 0,3	409 ± 30	1,8	0,001
<i>Amanita citrina</i> (Schaeff.) Roques	7,1 ± 0,4	171 ± 21	1,7	0,001
<i>Paxillus involutus</i> (Batsch. ex Fr.) Fr.	17,9 ± 1,1	2410 ± 280	45,7	0,030
<i>Xerocomus badius</i> (Fr.) Kuhner	6,7 ± 0,4	3117 ± 389	19,9	0,007
<i>Mucena pura</i> (Pers. ex Fr.) Kumm.	0,03 ± 0,00	306 ± 40	0,01	0,00001
Грунт	4238400	26	9879,3	71,457
Лісова підстилка	17200	175	1308,0	1,453
Но нерозкладена	5200 ± 206,5	76 ± 4	293,2	0,165
Но напіврозкладена + розкладена	12000 ± 546,8	206 ± 29	2151,0	1,248
Мінеральний шар ґрунту	4221200	30	110192,0	46,321
HE 0-5 см	441000 ± 21952,8	213 ± 16	72536,0	26,53
HE 5-10 см	623000 ± 27264,8	37 ± 5	15161,0	9,53
HE 10-15 см	662000 ± 21343,4	7 ± 3	3593,0	1,87
E 15-20 см	715000 ± 30042,8	4 ± 2	2415,0	0,95
EI 20-25 см	845000 ± 50200,0	3 ± 1	2018,0	0,93
EI 25-30 см	918000 ± 46212,4	2 ± 1	1562,0	0,82

Додаток К

Акустичне забруднення ділянки колії Львів – Стрий

Таблиця К.1 – Результати вимірювання фонового акустичного забруднення ділянки колії Львів – Стрий

Пункт	Відстань від колії, м	Рівень шуму, дБА			
		Безлистий стан		Облистяний стан	
		Березень	Жовтень	Березень	Жовтень
Ліва сторона					
1	2	45,2	45,0	43,1	41,9
2	50	44,2	44,5	42,3	42,1
3	150	43,1	43,8	41,8	41,5
4	200	42,1	42,0	40,2	40,0
Права сторона					
1	2	44,9	44,8	41,3	40,2
2	50	43,1	43,7	41,8	40,9
3	150	42,9	42,0	41,4	40,6
4	200	42,4	41,9	40,3	40,1

Таблиця К.2 – Результати вимірювання акустичного забруднення від електропоїздів

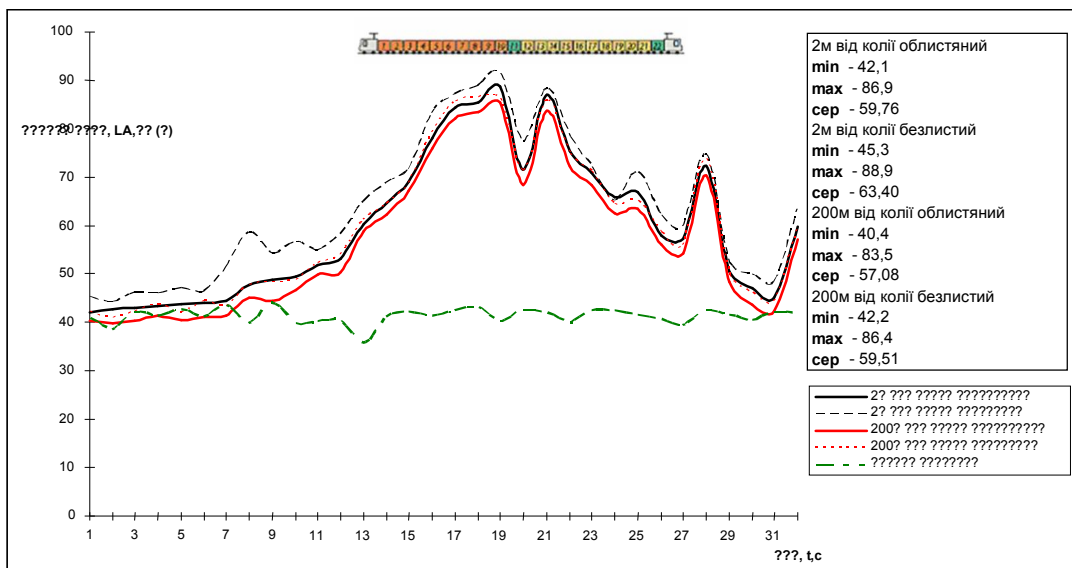
Пункт	Відстань від колії, м	Рівень шуму, дБА			
		Безлистий стан		Облистяний стан	
		Березень	Жовтень	Травень	Серпень
Ліва сторона					
1	2	96,0	96,1	95,5	94,4
2	5	94,3	94,5	93,3	93,4
3	50	90,2	90,3	89,4	89,2
4	100	86,4	86,4	82,2	81,7
5	150	80,3	80,1	78,1	76,9
6	200	71,9	70,6	65,3	66,3
Права сторона					
1	2	95,8	95,6	95,2	95,1
2	5	94,2	94,6	93,3	92,9
3	50	90,3	89,9	88,9	88,6
4	100	85,3	86,9	82,5	82,5
5	150	80,4	79,9	77,6	76,8
6	200	70,8	70,4	67,3	65,7

Таблиця К.3 – Результати вимірювання акустичного забруднення від
пасажирських потягів

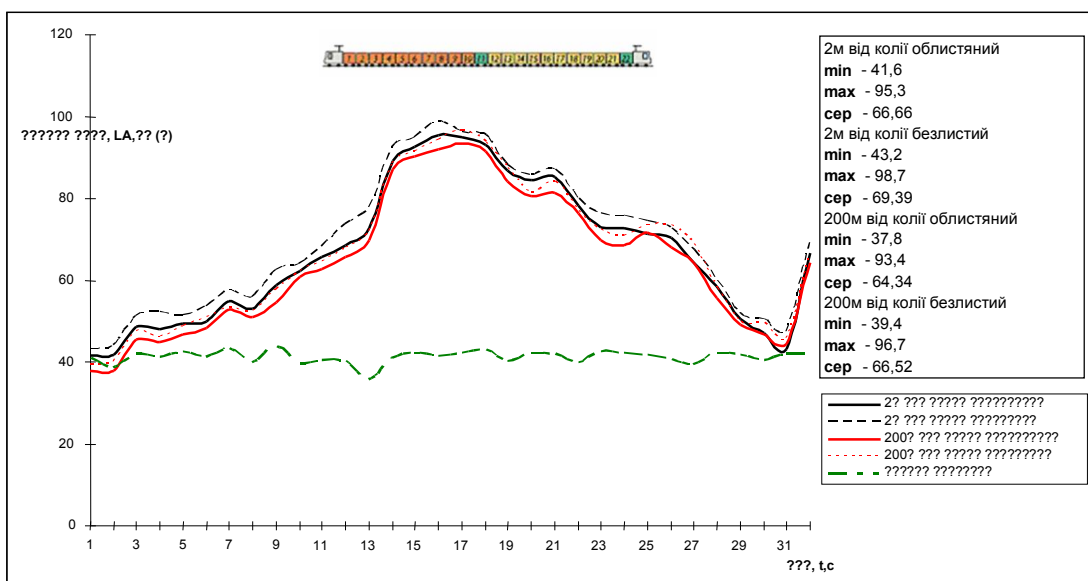
Пункт	Відстань від колії, м	Рівень шуму, дБА			
		Безлистяний стан		Облістяний стан	
		Березень	Жовтень	Травень	Серпень
Ліва сторона					
1	2	93,8	94,0	92,5	92,8
2	5	92,6	92,8	90,8	91,3
3	50	84,7	84,1	84,8	83,9
4	100	82,0	81,6	75,4	74,5
5	150	77,7	76,9	72,3	71,3
6	200	68,2	68,8	60,0	60,4
Права сторона					
1	2	92,6	95,1	91,8	93,0
2	5	91,9	91,4	89,5	90,8
3	50	84,1	87,1	85,2	86,4
4	100	82,6	85,5	74,9	75,4
5	150	78,2	74,4	71,6	70,8
6	200	66,6	65,1	62,1	61,3

Таблиця К.4 – Результати вимірювання акустичного забруднення
від вантажних потягів

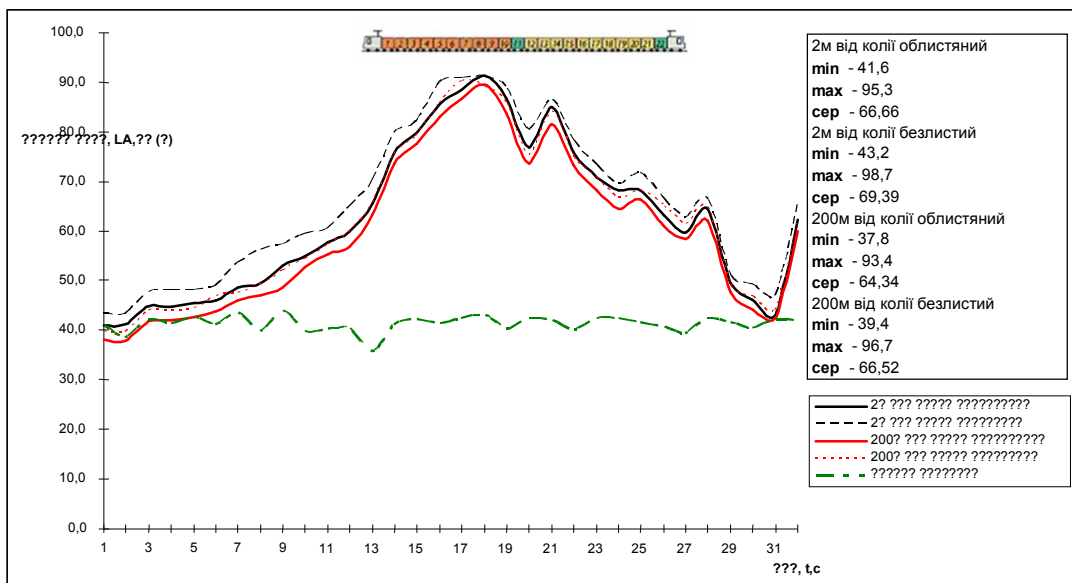
Пункт	Відстань від колії, м	Рівень шуму, дБА			
		Безлистяний стан		Облістяний стан	
		Березень	Жовтень	Травень	Серпень
Ліва сторона					
1	2	94,8	94,7	93,2	93,6
2	5	93,6	93,5	92,3	92,5
3	50	85,3	85,4	81,4	81,1
4	100	79,1	80,1	76,1	75,9
5	150	76,4	76,8	72,5	71,5
6	200	69,0	68,4	65,2	64,5
Права сторона					
1	2	94,3	94,5	92,9	92,8
2	5	93,6	93,4	91,5	91,3
3	50	85,7	83,7	82,0	82,1
4	100	80,5	80,6	76,4	76,5
5	150	74,4	75,4	72,8	72,6
6	200	65,1	68,2	64,7	64,4



1



2



3

Рисунок – К.1 Рівні акустичного шуму ділянки колії Львів – Стрий:

1 – від вантажного потягу; 2 – електропотягу; 3 – пасажирського потягу

Додаток Л

**Проект Національного стандарту України
«Консорційні екотони захисного типу. Екологічні та захисні вимоги»**



НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

**КОНСОРЦІЙНІ ЕКОТОНИ ЗАХИСНОГО ТИПУ НА ШЛЯХАХ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ. ЕКОЛОГІЧНІ ТА ЗАХИСНІ ВИМОГИ**

ДСТУ ХХХХ:ХХХХ (Проект)

Видання офіційне

ПЕРЕДМОВА

1 ВНЕСЕНО: Національним університетом «Львівська політехніка».

РОЗРОБЛЕНО: **А. Обшта**, докт. техн. наук, професор, **М. Микийчук**, докт. техн. наук, професор, **М. Руда**, аспірант

2 НАДАНО ЧИННОСТІ: наказ _____ № _____ з _____

Право власності на цей документ належить державі.

Відтворювати, тиражувати і розповсюджувати його повністю чи частково на будь-яких носіях інформації без офіційного дозволу заборонено. Стосовно врегулювання прав власності треба звертатися до Департамент технічного регулювання та метрології Міністерства економічного розвитку і торгівлі України

Департамент технічного регулювання та метрології

Міністерства економічного розвитку і торгівлі України, 20__
ДСТУ (Проект)

Зміст

1. ГАЛУЗЬ ВИКОРИСТАННЯ	...
2. НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ	...
3. ТЕРМІНА ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ	...
4. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ	...
5. ЕКОЛОГІЧНІ ВИМОГИ	...
6. ЗАХИСНІ ВИМОГИ	...
6.1. Захист від снігу та вітру	...
6.2. Захист від шуму	...
6.3. Захист від піску	...

НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ
КОНСОРЦІЙНІ ЕКОТОНИ ЗАХИСНОГО ТИПУ НА ШЛЯХАХ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ. ЕКОЛОГІЧНІ ТА ЗАХИСНІ ВИМОГИ

Чинний від xx.xx.20xx

1. ГАЛУЗЬ ВИКОРИСТАННЯ

Цей стандарт встановлює основні екологічні та захисні вимоги до створюваних та експлуатованих повно- та неповнопрофільних консорційних екотонів захисного типу (тут і далі КЕЗТ), що знаходяться на полосах відведення залізниць уздовж залізничних колій.

Встановлені вимоги є обов'язковими для застосування при проектуванні, вирішуванні і утриманні консорційних екотонів захисного типу на шляхах залізничного транспорту.

2. НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

Дана методика містять положення наведені нижче стандартів, і у цьому тексті містяться посилання на них:

ISO 14001:2004. Системи екологічного менеджменту. Вимоги та настанови щодо застосовування.

ISO 9000-2-97, частина 2. Стандарти в області адміністративного управління якістю і забезпечення якості, частина 2 Загальні керівні вказівки по застосуванню стандартів ISO 9001, ISO 9002 і ISO 9003.

ISO 10005-95. Адміністративне управління якістю. Керівні вказівки за програмами якості.

ISO 9000-1-94, частина 1. Стандарти в області адміністративного управління якістю і забезпечення якості, частина 1 Керівні вказівки по вибору і застосуванню.

ДСТУ 4496:2005 Залізничний транспорт. Безпечність руху залізничного транспорту. Терміни та визначення понять.

ДСТУ EN 15461:2015 Залізничний транспорт. Рівень шуму. Характеристика динамічних властивостей ділянок шляху для проходження за результатами вимірювання шуму (EN 15461:2008 + A1:2010, IDT).

ДСТУ 7875:2015 Охорона ґрунтів. Екологічне нормування антропогенного навантаження на ґрунтовий покрив. Основні положення.

ДСТУ 4976:2008. Охорона навколишнього природного середовища. Комплекс стандартів у сфері охорони ґрунтів. Основні положення.

ДСТУ EN 50121-2:2017 Залізничний транспорт. Електромагнітна сумісність. Частина 2. Емісія завад від залізничної системи в довкілля (EN 50121-2:2015, IDT).

ДСТУ ISO 18589-3:2010. Вимірювання радіоактивності у довкілля. Ґрунт. Частина 3. Гамма-випромінювальні радіонукліди (ISO 18589-3:2007, IDT).

ДСТУ 7739:2015 Захист довкілля. Ландшафти. Терміни та визначення понять

ДСТУ 7173:2010 Захист довкілля. Лісові ділянки вздовж залізничних і автомобільних доріг та у смугах їх відведення захисні. Норми виділення

ДСТУ 4477:2005 Вагоны магистральные пассажирские дизель- и электропоездов. Требования по защите окружающей среды

ДСТУ EN ISO 3381:2015 Залізничний транспорт. Акустика. Вимірювання шуму всередині (EN ISO 3381:2011, IDT)

Примітка 1. На час опублікування цього стандарту зазначені нормативні документи були чинними. Всі нормативні документи підлягають переглядові, і учасникам угод, базованих на цьому стандарті, рекомендовано застосовувати найновіші видання нормативних документів, наведених нижче.

3. ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

У цьому стандарті застосовано такі терміни та визначення понять:

3.1. Багаторядні КЕЗТ – КЕЗТ, що складається з декількох лісосмуг та міжполосних інтервалів.

3.2. Будова КЕЗТ – параметри, кількість і порядок розміщення лісосмуг, їх окремих елементів, а також міжполосних інтервалів на смузі земельного відведення залізниці.

3.3. Вітропроникність КЕЗТ – властивість КЕЗТпропускати через себе вітрової потік.

3.4. Вітропослаблюючі КЕЗТ – КЕЗТ на ділянках колії, що перешкоджають щорічній дії сильних вітрів (із швидкістю 15 м/с і вище).

3.5. Головна деревна порода – деревна порода, що виконує в КЕЗТ, основну захисну функцію, що має найбільшу господарську цінність і здатна утворювати верхній ярус деревостану.

3.6. Довжина зони розгону піщаного вітрового потоку – відстань, на якій вітровий потік насичується твердими частинками до граничної межі.

3.7. Експлуатація КЕЗТ – система заходів, спрямована на підтримку КЕЗТ в стані надійної захисної ефективності після здачі його в експлуатацію.

3.8. Еталонний КЕЗТ – насадження з числа кращих за життєздатністю та захисною ефективністю, складу, станом деревних порід, сформований при найменших трудових і матеріальних витратах.

3.9. Життєздатність КЕЗТ – біологічний стан КЕЗТ, що характеризується біометричними показниками або зовнішніми морфологічними ознаками.

3.10. Забруднення ґрунту – зміна складу і стану ґрунту в результаті господарської діяльності та інших антропогенних навантажень, здатних викликати погіршення її якості.

3.11. Захисна ефективність КЕЗТ – рівень виконання КЕЗТ встановлених проектом захисних функцій.

3.12. Захист КЕЗТ (лісозахист) – система заходів, спрямована на захист КЕЗТ від шкідників і хвороб, охорону від пожеж і від впливу несприятливих природних і антропогенних факторів.

3.13. Збереження лісових порід в КЕЗТ – кількість живих рослин тієї чи іншої лісової породи або всіх порід в КЕЗТ, наявних в них на момент інвентаризації, по відношенню до приживлюваності на першому році життя, виражене у відсотках.

3.14. Землі транспорту – землі, представлені в користування транспортним організаціям для здійснення будівництва, змісту, ремонту, вдосконалення і розвитку транспортних об'єктів і забезпечення їх експлуатації.

3.15. Зона захисної дії КЕЗТ – територія, зайнята самим насадженням, а також територія на яку поширюється його захисна дія.

3.16. Зона сніголому – територія насадження, на якій відбуваються пошкодження лісових порід навалами хурделиці.

3.17. Консорційні екотони захисного типу (КЕЗТ) – Природне і (або) штучне лісове насадження, призначене для захисту шляхів залізничного транспорту від несприятливого впливу природних і антропогенних факторів.

3.18. Конструкція КЕЗТ – будова профілю КЕЗТ в поздовжньому і поперечному напрямках, що визначає ступінь та характер її вітропроникності, а також захисної дії.

3.19. Лісова смуга – лісова смуга системи лісосмуг на шляхах залізничного транспорту, розміщена на кордоні смуги земельного відведення залізниці.

3.20. Міжряддя – простір між сусідніми рядами рослин у КЕЗТ.

3.21. Насичений вітровий потік – вітровий потік певної швидкості, насичений твердими частинками до повної його вантажопідйомності.

3.22. Повздовжній профіль КЕЗТ – фронтальний вид на КЕЗТ, що відображає будову її профілю в повздовжньому напрямку.

3.23. Посадження лісових порід в КЕЗТ – співвідношення лісових порід різних категорій в КЕЗТ, що визначає його тип змішування.

3.24. Поперечний профіль КЕЗТ – будова профілю КЕЗТ в поперечному напрямку.

3.25. Проект створення КЕЗТ – затверджений індивідуальний технічний документ, що містить характеристику умов місцезростання, розрахунок параметрів КЕЗТ, робочу схему змішання і розміщення лісових порід, технологію агротехнічних прийомів вирощування КЕЗТ, кошторисну вартість її створення.

3.26. Реконструкція КЕЗТ – система лісівничих та агротехнічних прийомів, спрямована на докорінну зміну породного складу, схеми змішування і розміщення лісових порід, конструкції КЕЗТ і будови насадження в цілому для підвищення його життєздатності, довговічності та захисної ефективності.

3.27. Снігозатримувальні КЕЗТ – КЕЗТ для затримання і акумуляції наметеного снігу всередині і близько до себе.

3.28. Створення КЕЗТ – перший етап конструювання КЕЗТ, починаючи від дослідження і проектування і закінчуючи здачею молодих посадок в експлуатацію.

3.29. Стійка вітрова тінь КЕЗТ – простір, на якому під впливом КЕЗТ відбувається випадання твердих частинок з вітрового потоку, що здійснює нанесання дрібних частинок, або де такий потік знаходиться в стані динамічної рівноваги.

3.30. Стійкість КЕЗТ – рівень здатності КЕЗТ протистояти несприятливим природним умовам і дії антропогенних факторів.

3.31. Супутня деревна порода – деревна порода, яка виконує допоміжну захисну і лісівничу роль, що сприяє поліпшенню зростання і довговічності головної деревної породи.

3.32. Утримання КЕЗТ – система агротехнічних і лісівничих заходів, спрямована на попередження в КЕЗТ різних порушень, регулювання в процесі росту і розвитку взаємин між лісовими породами і формування з них найбільш довговічних і цінних в захисному і господарському відношенні насаджень.

4 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

4.1. Захист шляху і інших об'єктів залізничного транспорту від несприятливих для його функціонування природних явищ, а навколишнє природне середовище від вплив шкідливих антропогенних навантажень, здійснювати консорційними екотонами захисного типу. Ця вимога не є обов'язковою тільки для місць, непридатних для вирощування деревної або чагарникової рослинності.

4.2. Виділення на землях державного лісового фонду; КЕЗТ вздовж залізниць необхідно проводити при проектуванні та реконструкції діючих залізничних шляхів.

4.3. Всі КЕЗТ, розташовані на смугах земельного відводу залізниці повинні забезпечувати покладені на них захисні, природоохоронні, санітарно-гігієнічні та естетичні функції.

4.4. Головним призначення КЕЗТ, як інженерної споруди вважати: снігозатримувальне (снігозахисне), вітрозахисне, загороджувальне, піскозахисне, протиерозійне, ґрунтозакріплювальне, шумозменшувальне та протиабразійне.

4.5. Стійкість захисної дії КЕЗТ забезпечувати своєчасним проведенням комплексів організаційних (лісомеліоративних, лісогосподарських, агротехнічних і охоронних заходів, що регламентуються чинною нормативно-технічною документацією та нормативними документами, розробленими для захисних лісових насаджень) заходів.

4.6. Розмір необхідних земель для створення КЕЗТ при будівництві нових та реконструкції чинних залізниць визначати в період їх проектування.

4.7. Створення нових КЕЗТ здійснювати одночасно з будівництвом і реконструкцією залізничних доріг, виходячи з місцевих природних умов і діючих нормативів.

4.8. Вибір сортименту лісових порід, схем змішування і розміщення, конструкція і будова КЕЗТ, а також технологія вирощування мають сприяти найбільш надійному виконанню КЕЗТ сфоїх захисних властивостей відповідно до інтегрованого компартментального показника КЕЗТ.

4.9. Будова КЕЗТ повинна характеризуватися сукупністю параметрів: кількістю, шириною, розміщенням смуг, порядком розміщення лісосмуг різних конструкцій і

міжсмугових інтервалів різної ширини; кількістю рядів головних деревних порід, їх чергуванням і змішуванням, а також шириною міжрядь і відстанню між рослинами в ряду.

4.10. Всі штучно створювані КЕЗТ повинні складатися з найбільш цінних і ефективних в захисному і природоохоронному відношеннях лісових порід, довговічних і стійких в умовах залізничного транспорту до забруднюючих шкідливими речовинами.

4.11. Параметри КЕЗТ мають встановлюватися відповідно до конкретних умов місцезростання і розрахункової величини перенесення снігу до колії: чим більше переноситься снігу, тим ширшими необхідно робити міжсмугові інтервали (особливо з боку снігозбиральної площі); чим гірші умови для росту та розвитку, тим вужчими мають бути лісосмуги, ширшими відстані між рядами і вищим рівень підготовки ґрунту та догляду за лісонасадженнями протягом періоду створення лісонасаджень.

4.12. Лісовідновлювальні роботи в насадженнях, у яких захисні та природоохоронні функції були втрачені або серйозно ослаблені в результаті впливу зовнішніх природних факторів (надмірних посух, снігових, запорошених і піщаних наносів, ожеледі, ерозії, лавин, селів, зсувів тощо), а також нераціональною діяльністю людини (пошкодження худобою, пожежі, ушкодження гербіцидами і т.п.) виконувати в першу чергу у відповідності з рекомендованими діючими на залізничному транспорті методичними вказівками.

При різких відхиленнях ходу погодних умов від середньорічних в бік збільшення посушливості або інвазії шкідників проведення попереджувальних, відновлювальних і оздоровчих заходів слід надавати першочергового значення.

4.13. Використання земель залізничного транспорту, зайнятих лісовими насадженнями або відведених в законодавчому порядку для створення КЕЗТ, в інших цілях забороняється.

4.14. Всі виявлені в процесі експлуатації КЕЗТ відхилення, від цих вимог, повинні виправлятися невідкладно.

5. ЕКОЛОГІЧНІ ВИМОГИ

5.1. Життєздатність експлуатованих КЕЗТ протягом усього їхнього життя підтримувати на рівні, що забезпечує високі її захисні та природоохоронні властивості. Такий рівень зазвичай забезпечується насадженнями, в складі основного деревостану якого кількість усихаючих і всохлих одиниць (при рівномірному їх розподілі по площі) не перевищує 25%.

КЕЗТ складаються з головних та допоміжних деревних порід. До головних відносяться породи, що виконують основну захисну функцію і можуть створювати верхній ярус насадження, від висоти якого залежать розміри ефективною аеродинамічної тіні в навітряний і завітряний боки. Найбажанішим, як головна порода є дуб звичайний. Він найдовговічніший, при добре підібраних схемах змішування і розміщення КЕЗТ з такимиголовними породами не мають сухостою. Головні породи мають відповідати таким вимогам: довговічні; добре відповідають місцевим кліматичним умовам, ґрунту; стійкими до негод; добре відновлюватися.

Дерева, які виконують у КЕЗТ допоміжні функції, називаються супутніми. Вони мають ущільнювати вертикальний профіль смуги в середній і нижній її частинах, добре затінювати ґрунт і забезпечувати покращення росту та довголіття головних порід. Супутні породи мають задовільняти наступні вимоги: тіньовитривалі; густогіллясті% можуть рости у другому ярусі КЕЗТ.

5.2. В умовах інтенсифікації залізничного транспорту проводити оцінку рівня забруднення земель важкими металами. З урахуванням цього рівня здійснювати підбір деревних і чагарникових порід, визначати їх схеми змішування і розміщення, розробляти конструктивні параметри лісових насаджень і встановлювати особливості технології їх вирощування.

5.3. Індикаторними ознаками для елементів КЕЗТ є площа січення стовбурів, висота, форма крон, вади деревини і фаутність стовбурів, граничний вік. При характеристиці ярусів КЕЗТ індикаторне значення має склад, що визначається у відповідності до площі січення

стовбурів і запасу елементів деревостану, а при використанні КФС – за проективним перекриттям крон дерев.

5.4. Смуга земельного відводу залізниць повинна мати розміри, при яких забезпечувалося б створення КЕЗТ такого породного складу і конструктивних параметрів, при яких виключалася б можливість забруднення прилеглих територій і населених пунктів, а також водних джерел шкідливими продуктами експлуатаційної діяльності залізниць.

5.5. Ширину смуги відводу для створення нових посадок, з метою подальшої повної локалізації забруднювачів всередині них, розраховувати за принципом проектування снігозатримувальних лісових насаджень. Вона в будь-яких випадках встановлюється шириною не менше 25 м в сприятливих лісорослинних умовах і 40 м в важких умовах місцезростання.

5.6. Уздовж залізничних ліній, за якими перевозяться рудні та інші сипучі вантажі, КЕЗТ необхідно створювати (де це можливо за умовами місцезростання) з двох сторін шляху і на всій ділянці – на відстані до 600 км від місць навантаження грузів.

5.7. При створенні КЕЗТ уздовж неелектрофікованих залізничних ліній, озелененні населених пунктів, вузлів і станцій використовувати деревні і чагарникові породи, що володіють підвищеною акумулятивною здатністю (широколисті і хвойні породи), хорошими оздоровчими та санітарно-гігієнічними властивостями і котрі відповідають за своїм еколого-біологічними властивостями конкретних умов місцезростання.

5.8. Для надійного захисту прилеглих до залізничних ліній територій від забруднення, до складу КЕЗТ, створюваних в сприятливих лісорослинних умовах, в обов'язковому порядку вводити високостовбурні дерева, які б згодом змогли досягти висоти вагонів, що перевозять крупногабаритні вантажі. У складних умовах місцезростання цією вимогою допускається знехтувати.

5.9. Стан біотичної складової КЕЗТ визначати за двома інтегральними показниками: індекс стану деревостану та індекс структурного різноманіття лісового біоценозу.

5.10. Лісову смугу КЕЗТ, звернена в сторону джерела забруднення, створювати і постійно утримувати в зімкнутому стані по всьому вертикальному профілю.

5.11. Технологія проведення основної і наступних за нею видів обробки залізничних ґрунтів при вирощуванні насаджень не повинна сприяти зниженню родючості ґрунтового покриву і переміщенню забруднених земель на незабруднені ділянки прилеглих територій.

5.12. Незайняті землі транспорту, забруднені рухомими формами важких металів в концентраціях вище гранично допустимих, використовувати тільки для вирощування КЕЗТ та технічних культур, продукція яких не вживається в їжу. Введення до складу створюваних на таких землях насаджень плодово-ягідних і горіхоплідних рослин забороняється.

5.13. При плануванні робіт зі створенню нових КЕЗТ встановлювати наступну послідовність їх виконання: в першу чергу проводити посадку уздовж ділянок шляху із забрудненням ґрунтів поліювантами та седиментами вище гранично допустимих концентрацій; у другу чергу – уздовж ділянок, що піддаються нанесенню снігу, пилу та інших крупнодисперсних твердих частинок, шляху з незабрудненими ґрунтами і в останню чергу – уздовж всіх інших ділянок шляху.

5.14. При реконструкції КЕЗТ, які втратили свої захисні функції і які акумулювали в лісовій підстилці і верхньому шарі ґрунту небезпечні токсиканти, виключати можливість розповсюдження поліювантів та седиментів по всій лісокультурній площі КЕЗТ і прилеглої до неї території.

5.15. При проведенні санітарних рубок, а також рубок догляду за КЕЗТ, в місцях з високим рівнем забруднення ґрунтів поліювантами та седиментами, поряд з санітарно-небажаними рослинами, необхідно видаляти плодови та ягідні породи.

5.16. У КЕЗТ, землі яких забруднені в кількостях вище гранично допустимих концентрацій, збір будь-якої продукції для вживання в їжу або лікувальних цілях, не допускається.

5.17. У багатополосних лісових насадженнях забороняється використання міжполосних інтервалів для виробництва продукції, вживання в їжу або в лікарських цілях, а

також випасання худоби та заготівлю сіна, якщо рівень забруднення земель, хоча б по одному токсиканту, перевищує гранично допустимі концентрації.

5.18. З метою попередження передчасного всихання експлуатованих КЕЗТ, забороняється в засушливих регіонах країни використовувати міжполосні інтервали шириною до 25 м для вирощування сільськогосподарської продукції.

6. ЗАХИСНІ ВИМОГИ

Для забезпечення більш надійної і тривалої за часом захисту залізничних шляхів від несприятливих природних явищ і антропогенних навантажень на навколишнє природне середовище, проектування КЕЗТ повинно ґрунтуватися на даних польових ґрунтово-гідрологічних, кліматичних, лісотипологічних, лісомеліоративних, а також екологічних досліджень; екосистемному моніторингу, а також на відповідних техніко-економічних розрахунках.

6.1. Захист від снугу та вітру

6.1.1. Для захисту колії і споруд від снігових заметів та шкідливого впливу інших несприятливих природних явищ уздовж залізниць, як правило, створюються КЕЗТ. Вибір конструкції КЕЗТ у кожному конкретному випадку необхідно проводити на основі порівняння техніко-економічних і екологічних показників різних варіантів КЕЗТ із урахуванням забезпечення безпеки руху і поліпшення умов праці в період експлуатації залізниць.

6.1.2. Снігозатримувальні і вітропослаблюючі КЕЗТ повинні повністю акумулювати розрахункову річну кількість снігу і розподіляти її по всій своїй ширині або порівняно рівномірно чи відкладати основну масу снігу в міжполосних інтервалах, не викликаючи сильного пошкодження дерев і чагарників навалами снігу.

6.1.3. Для забезпечення більш рівномірного відкладення снігу по всій ширині КЕЗТ, деревні породи з найбільшою густиною розгалуження слід в більшій кількості розміщувати в шляховий його частині

6.1.4. Молоді снігозатримувальні і вітроослаблюючі КЕЗТ в районах з вираженою діяльністю вітрів здаються в експлуатацію по досягненню такої висоти, при якій в місцевих умовах вони в змозі повністю акумулювати розрахунковий річний обсяг принесення снігу до шляху.

6.1.5. Усі типи КЕЗТ слід проектувати з урахуванням кліматичних умов, рельєфу та наявності на прилеглий до залізничної території захисних споруд. КЕЗТ на залізничній повинні здаватися в експлуатацію одночасно із побудованими і реконструйованими ділянками залізничної колії.

6.1.6. Захист колії від снігових заметів необхідно передбачати уздовж всіх ділянок перегонів, що заносяться снігом, окремо з кожного боку колії, а також навколо станцій і внутрішньостанційних територій.

6.1.7. Снігозатримувальні КЕЗТ на ділянках колії, що заносяться снігом, не треба передбачати:

- при розрахунковому річному снігопринесенні менше 50 м³ на пог. м колії, що розташована на насипу і проходить земельними ділянками, зайнятими багаторічними плодовими насадженнями і виноградниками;
- при розрахунковому річному снігопринесенні менше 25 м³ на пог. м колії з розташуванням на інших землях.

6.1.8. КЕЗТ на шляхах залізничного транспорту необхідно проектувати на затримку максимального розрахункового річного обсягу снігопринесення з імовірністю перевищення: на лініях швидкісних і I-V категорій – 1:15 (7 %), у місцевостях малонаселених районів, що сильно заносяться – 1:20 (5 %), на лініях VI, VII категорій – 1:10 (10 %).

6.1.9. Розрахунковий річний обсяг снігопринесення, підбір лісових порід, конструкції КЕЗТ, насаджень і економічна ефективність капітальних вкладень установлюється

відповідно до інструкцій та методичних вказівок Державної адміністрації залізничного транспорту України.

6.1.10. Ширина смуги відведення під улаштування снігозахисних КЕЗТ уздовж ділянок колії і навколо станцій, що заносяться снігом, розраховується за формулою:

$$B = S_p / h_p,$$

де S_p – площа поперечного перерізу снігоперенесення, яка чисельно дорівнює розрахунковому річному обсягу принесеного до колії снігу прийнятої імовірності перевищення, m^2 ; h_p – розрахункова висота відкладення снігу усереднені насадження, м.

6.1.11. КЕЗТ можуть бути одно- та багатосмугові, їхні характеристики та розміщення відносно колійного розвитку залежать від ґрунтово-кліматичних умов та обсягу снігу, який заноситься за зиму. Приблизна характеристика КЕЗТ наведена у таблиці 1.

Таблиця 1 – Характеристика снігозахисних КЕЗТ*

Конструкція КЕЗТ	Снігозбірність, m^3 /пог. м ширини	Ширина смуг, м	Ширина розривів між смугами, м
Односмугові	до 100	15-35(50)**	-
2-3 смугові	101-300	35-65	10-20
3 сугові	більше 301	15-35	35-40

* у двосмугових КЕЗТ ширина міжполосного інтервалу не повинна перевищувати розмірів зони стійкої аеродинамічній тіні КЕЗТ (5-6 висот) в період здачі їх в експлуатацію. У багатополосних КЕЗТ ця вимога є обов'язковою тільки по відношенню до найближчого шляху міжполосного інтервалу.

** максимальна ширина смуги для односмугових КЕЗТ

6.1.12. Для основних видів ґрунтів розрахункову висоту сніговідкладення усередині КЕЗТ необхідно встановлювати в таких розмірах, м:

- на підзолистих, сірих лесових ґрунтах, чорноземах (крім солонцюватих) – 3;
- на солонцюватих чорноземах і темно-каштанових ґрунтах – 2,5;
- на каштанових, світло-каштанових, бурих ґрунтах, а також ґрунтах солонцевого комплексу – 2.

6.1.13. Для ділянок залізниць, що піддаються щорічному впливу сильних вітрів (зі швидкістю 15 м/с і вище), у місцях утворення ожеледі і замету колії мілкоземом, необхідно проектувати спеціальні вітрозахисні КЕЗТ. У випадках, коли пориви сильного вітру можуть загрожувати безпеці руху поїздів, допускається улаштування таких КЕЗТ на землях сільськогосподарського призначення за погодженням із їх власниками.

У хуртовинних районах ширину вітропослаблюючих КЕЗТ, конструкції лісосмуг і склад насаджень у цілому проектується за зразком снігозатримувальних. У районах, де хуртовини не спостерігаються, ширину таких лісосмуг допускається приймати 12-15 м.

6.1.14. Відстань від осі крайньої колії, розташованої на насипу і нульових місцях, до КЕЗТ приймається 30 м при перпендикулярних напрямках хуртовинних вітрів і 20 м при косих напрямках. На лініях I і II категорій КЕЗТ розміщуються з урахуванням можливості будівництва додаткової головної колії.

6.1.15. Снігозахисні КЕЗТ повинні відповідати наступним вимогам (які необхідні при їх проектуванні та експлуатації):

- можливість виконувати роботу із захисту залізничних шляхів від снігозаносу за 1-2 роки після посадки;
- затримувати і розподіляти сніг (що приноситься за змовий період) до залізничних шляхів;
- бути довговічними, стійкими проти сніголамів, пожеж, шкідників і хворіб;
- виявляти меліоративний вплив на прилеглі агроценози;
- володіти достатніми декоративними якостями;
- забезпечувати можливість застосування комплексної механізації на всіх етапах їх вирощування і утримання;
- бути економічно ефективними.

6.1.16. Оскільки снігозахисні КЕЗТ, що проектуються на шляхах залізничного транспорту мають значну протяжність, необхідно передбачати розриви (10 – 15 м) через кожні 800 – 1000 м для використання механізованої техніки.

6.1.17. Снігозахисні КЕЗТ повинні мати щільну (непродувну) конструкцію. З цією метою деревні і чагарникові породи, із яких вони створені, поділяються на такі основні групи:

- низькі кущі висотою до 2 м;
- високі кущі висотою більше 2 м;
- низькорослі дерева (супутні породи);
- висококронні дерева (головна порода).

6.1.18. Обов'язковим елементом кожного снігозахисного екоону повинна бути густа двохярусна кущова галявина в поєднанні з декількома рядами низькорослих дерев. На основі типових схем снігозахисних насаджень проектують робочі схеми екотонів для ділянок колій.

6.2. Захист від шуму

6.2.1. КЕЗТ, що несуть функції захисту від шуму створюють на ділянках, що проходять через населені пункти або поблизу них, поряд з територіями курортних зон, лікувальних закладів, заповідників, заказників, національних парків, а також через угіддя, призначені для вирощування цінних сільськогосподарських чи сільськогосподарських культур та ін. Такий вид КЕЗТ являє собою щільну багаторядну посадку спеціально-підібраних деревно-чагарникових порід і є ефективним перешкодою на шляху поширення шуму.

6.2.2. Основними напрямками зниження шуму в розташованих поблизу від залізничних шляхів населених пунктах слід вважати:

- забезпечення буферної зони між колією і забудовою, виходячи з обліку транспортного шуму;
- проектування відповідних КЕЗТ, яке на стадії проектування залізниці дозволить скоротити величину буферної зони, а на стадії експлуатації – знизити шум до значень, що регламентуються санітарними нормами;
- раціональне проектування поперечного профілю земляного полотна, що забезпечує максимальне зниження транспортного шуму;
- використання снігозахисних КЕЗТ уздовж залізничних шляхів одночасно і для цілей боротьби з шумом, посадка спеціальних шумозахисних КЕЗТ.

6.2.3. Застосування тих йди інших заходів в якості основних визначається даними акустичної оцінки, конкретними умовами зовнішнього середовища і вимог рішення техніко-економічних завдань.

6.3. Захист від піску

6.3.1. Піскозахисні КЕЗТ виконують роль природного біологічного бар'єру залізничних шляхів від піщаних заносів і включають створення деревно-чагарникових насаджень (за схемами, аналогічним снігозахисний), а також закріплення прилеглих до залізничної колії пісків посівом трав.

6.3.2. Піски закріплюють рослинністю: по обидва боки залізничного насипу, якщо вісь збігається з напрямком руху пісків або становить з ним кут менше 30°; тільки з навітряного боку дороги, якщо піски мають явно виражене наступальний рух, спрямований під кутом більшому 30° до осі дороги, і замети з протилежного боку неможливі.

Шкала категорій стану дерев

Категорія стану дерев	Ознаки стану дерев	
	хвойних	листяних
I – без ознак ослаблення	Крона густа, хвоя (листя) зелена, срібляста: приріст поточного року нормального розміру для даної породи, віку, сезону і умов місцезростання: стовбури і кореневі лапи не мають зовнішніх ознак пошкодження	
II – ослаблені	Крона ажурна, хвоя зелена, світло-зелена або обпечена не більше ніж на 1/3; приріст зменшений не більше ніж на 1/2; всихання окремих гілок, пошкодження окремих корневих лап, місцеве пошкодження стовбура	Крона ажурна, листя рано падає; приріст зменшений до 1/2, всихання окремих гілок, місцеве пошкодження стовбура і корневих лап, поодинокі водяні пагони
III – дуже ослаблені	Крона дуже ажурна, хвоя блідо-зелена або матова чи обпечена більше ніж на 1/3; приріст дуже слабкий, всихання до 2/3 крони, пошкодження корневих лап або стовбура до 2/3 периметра, спроба заселення або місцеве заселення стовбуровими шкідниками, плодові тіла та інші ознаки діяльності дереворуйнівних грибів на стовбурі та корневих лапах	Крона дуже ажурна, листя дуже дрібне, світле, рано жовтіє і опадає; приріст дуже слабкий або зовсім немає, всихає 2/3 крони, пошкодження стовбура і корневих лап на 2/3 їх периметра; соковиділення на стовбурах і скелетних гілках, прояви заселення стовбуровими шкідниками, численні водяні пагони; плодові тіла або інші ознаки діяльності дереворуйнівних грибів на стовбурах
IV – всихаючі	Крона ажурна, хвоя жовтувата або жовто-зелена, осипається; приріст дуже слабкий або його зовсім немає, всихання більш ніж 2/3 гілок, пошкодження стовбура і корневих лап більше ніж 2/3 периметра, ознаки заселення стовбура шкідниками	Всохло або всихає більше ніж 2/3 крони; пошкодження більше ніж 2/3 периметра стовбура і корневих лап, ознаки заселення стовбуровими шкідниками, всихаючі водяні пагони
V – свіжий сухостій	Хвоя сіра, жовта або червоно-бура, частково осипається, часткове опадання кори, заселені або відпрацьовані стовбуровими шкідниками	Листя всохле, зів'яле або відсутнє, часткове опадання кори, заселені або відпрацьовані стовбуровими шкідниками
VI – старий сухостій	Жива хвоя (листя) відсутня, кора і маленькі гілочки осипаються частково або зовсім, під корою грибниця дереворуйнівних грибів	

Примітка. У разі потреби ведення докладнішого обліку дерев за їх станом допускається виділення додаткових категорій стану дерев у межах існуючих.

Фітоіндикаційна оцінка КЕЗТ

Якщо рослини знаходяться в оптимальних для них умовах, то вони реагують добрим ростом і розвитком. Показниками доброго розвитку є великі розміри, високі показники життєвості, висока частота трапляння в даному виді фації, висока константність виду, стійкість до зовнішнього впливу і пошкоджень.

Життєвість рослин можна оцінювати за такими ознаками: рослина проходить повний цикл розвитку; рослина вегетує, але не плодоносить; рослина вегетує слабо.

Дерева в несприятливих умовах росту мають пірамідальні стовбури, сучкуваті за звичай порослі лишайниками. У деревних рослин показником високої життєздатності є колоноподібні, циліндричні стовбури, без сучків, густі крони, яскраво зелений колір листків.

Достатність деревних рослин на площі визначається за густотою деревостану, площею січення стовбурів, відносною повнотою, відстанню між деревами, проективному покриттю крон. Кількість рослин в КЕЗТ визначаються як кількість виду в фітоценозі, який може бути виражено числом рослин на одиницю площі, масою органічної речовини, що займає рослина в просторі. Для трав'яних рослин найбільш розповсюджена шкала Друде, що оцінює кількість за чисельністю і проективному вкриттю у відсотках.

Константність визначається числом випадків коли рослину помічено в фації даного виду, від загального числа спостережень. Якщо вид помічено в 90 % випадків і більше, він вважається константним. Імунність може оцінюватись числом рослин, що загинули чи всохли, кількістю вітровалу і вітролому. Довговічність визначається граничним віком рослин даного виду.

Додаток 4

Ландшафтно-екологічні властивості основних деревних порід-лісоутворювачів КЕЗТ

Дуб літній, черешчатий, звичайний

Дуб літній, черешчатий, звичайний, *Quercus robur* L. – поширений у північно-західній частині України. Теплолюбивий, погано переносить низькі зимові температури, що утворюють морозобійні тріщини і обмерзання гілок.

Чутливість до низьких температур – одна з причин, що обмежує його ареал поширення на північ та в гори (в Карпатах 100-200 м). Середньотіньовитривалий. Не переносить затінення вершин крони, проте добре розвивається при боковому затіненні стовбура тіньовитривалими супутніми породами, посухостійкий. Коренева система – добре розвинена, сильно розвітвлена, зі стержневим коренем до 10 м, що дозволяє використовувати воду та поживні мікроелементи в глибоких шарах ґрунту.

Росте на ґрунтах, різних за багатством зольних речовин, проте на бідних кварцевих пісках різко знижує продуктивність, утворюючи другий ярус із кривих стовбурів, чи підліску під сосною; не виносить сильно опідзолених, кислих, грубо гуміфікованих ґрунтів. Краще інших порід витримує солонуватість ґрунту, але й тут утворює кострубаті одноярусні чисті насадження, що часто суховершать. Витримує посуху, до надмірного зволоження чутливий, не зустрічається в мокрих гігротопах. Витримує сильні пориви вітру. В найбільш сприятливих трофотопах супутніми породами виступають: в'яз, клен, ясен.

Екологічний ареал дуба черешчатого:

$T_{(B, C, D, E)} V_{(0, 1, 2, 3, 4)} P_{(1, 2)} \Pi_{(0, 1)} M_{(0)} Z_{(0, 1)} D_{(1, 2)}$

Екологічний оптимум:

$T_{(D)} V_{(2)} P_{(2)} \Pi_{(0)} M_{(0)} Z_{(0)} D_{(2)}$

Клен платановидний, гостролистий

Клен платановидний, гостролистий, *Acer platanoides* L. – тіньовитривалий, морозостійкий, проте на півночі ареалу часто на стовбурах спостерігаються морозобійні тріщини.

Коренева система з великою кількістю довгих, бокових відвітлень кореня і неглибоким, до одного метра, стержневим коренем.

Вибагливий до ґрунтів. Найкраще росте та розвивається на темно-срібх суглинистих лісових ґрунтах і деградованих чорноземах. В підзолистій зоні трапляється лише на багатих ґрунтах. Сильного засолення ґрунту не витримує. Зустрічається в сухих, свіжих та вологих гігרותапах, в сиррих – рідко, в мокрих – відсутній. Відноситься до порід, що покращують стан ґрунту, зелена біомаса листової пластини утворює м'який гумус. Стійкий до сильних вітрів. Рідко домінує в насадженнях, в багатих і дренажних екоботапах є супутньою породою з дубами.

Екологічний ареал клена гостролистого:

$T_{(C, D)} V_{(1, 2, 3, 4)} P_{(2)} \Pi_{(0)} M_{(0)} Z_{(0, 1)} D_{(1, 2)}$

Екологічний оптимум:

$T_{(D)} V_{(2)} P_{(2)} \Pi_{(0)} M_{(0)} Z_{(0)} D_{(2)}$

Додаток 5

Журнал снігомірних спостережень

(залізниця, область, лінія, рік)

Параметр	Висота снігу, см, за датою спостереження й годинами	Примітка
Відстань від колії до місця вимірювання, м		
Об'єм снігових принесень на 1 м пог. довжини колії, м ³		
Середня сила вітру, балів напрям вітру		
5		
10		
15		
і т.д.		
Висновки:		

Додаток 6

Квартал № _____ виділ _____ напрям _____ -
_____ сторона _____ виробн.дільниця _____

**ОБЛІКОВО-ТЕХНІКО-
таксаційно-екологічна карта КЕЗТ**

Прив'язка від км + до км + довжина виділу _____ м; середня ширина _____ м.

Площа _____ га в т.ч. інтервалів _____ га. Відстань від колії _____ м.
Міжряддя _____ м, в ряду _____ м.

Головне призначення КЕЗТ: снігозахисне м _____ га, вітрозахисне м _____ га, загороджувальне м _____ га, декоративне м _____ га, ґрунтозахисне м _____ га, інше _____ м _____ га.

Характеристика (таксація)

1. Основний деревостан: Порода осн. _____ вік _____ р. Н _____ м, D _____ см, М _____ м куб. Склад _____

Другий ярус: Порода осн. _____ вік _____ р. Н _____ м, D _____ см, М _____ м куб. Склад _____

Порода осн. _____ ,вік _____ р. Н _____ м, D _____ см, М _____ м куб.

Третій ярус:

2. Живопліт від колії (ряд чагарників): Порода осн. _____ вік _____ р. Н _____ м, D _____ см, М _____ м куб. Склад _____

Живопліт від агроценозу: Порода осн. _____ вік _____ р. Н _____ м, D _____ см, М _____ м куб. Склад _____

Відмітка про реконструкції _____

Відмітка про капремонті _____

підлісок _____ підріст _____

Середні показники виділу: Порода осн. _____ вік _____ р. Н _____ м, D _____ см, М _____ м куб. Склад _____, зімкнення _____, повнота _____, площа _____ га. Тип деревостану _____, ТУМ _____ по Погребняку, ТУМ _____ модифікація для ЛН залізниць. Тип ґрунту _____. Бонітет _____

Життєздатність _____ Зах.ефективність _____ Клас якості _____.

Серед. кількість рослин на 1 га _____ шт. Запас на 1 га _____ (без живоплоту).

Хвороби _____

шкідники _____

Висновки про минулі рубки _____

прогалини _____ пожарища _____

Проектні заходи (рік, назва, поща) _____

Обсяг робіт по роках _____

Відмітка про виконання проект-заходів: _____

Проектовані очікувані таксаційні показники через 10 років при виконанні проектних заходів:

Порода осн. _____ вік _____ р. Н _____ м, D _____ см, М _____ м куб. Склад _____, зімкнення _____, повнота _____, площа _____ га.

Тип деревостану _____, ТУМ _____ по Погребняку, ТУМ _____ модифікація для ЛН залізниць. Тип ґрунту _____. Бонітет _____

Життєздатність _____ Зах.ефективність _____ Клас якості _____.

Серед. кількість рослин на 1 га _____ шт. Запас на 1 га _____.

Підпис: _____

Інтегральні критерії нормування шуму

1. Еквівалентний (по енергії) рівень звуку $L_{A\text{ЭКВ}}$ в дБ А даного непостійного шуму – рівень звуку постійного широкосмугового шуму, який має той самий середньоквадратичний звуковий тиск, що і даний непостійний шум протягом певного інтервалу часу і який визначають за формулою:

$$L_{A\text{ЭКВ}} = 10 \lg \frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{p_A(t)}{p_0} \right)^2 dt$$

де $p_A(t)$ — поточне значення середнього квадратичного звукового тиску з урахуванням корекції "А" шумоміра, Па;

p_0 — початкове значення звукового тиску (в повітрі $p_0 = 2 \times 10^{-5}$ Па);

T — час дії шуму, год..

2. Доза шуму D в $\text{Па}^2 \cdot \text{год}$ – інтегральна величина, що враховує акустичну енергію, що впливає на людину, за певний період часу, і визначається за формулою:

$$D = \int_0^T p_A^2(t) dt$$

Допустиму дозу шуму $D_{\text{доп}}$ визначають за формулою:

$$D_{\text{доп}} = p_{A\text{доп}}^2 T_{\text{р.д}}$$

де $p_{A\text{доп}}$ — значення звукового тиску, відповідне допустимому рівню звуку Па;

$T_{\text{р.д}}$ — тривалість робочого дня (робочої зміни), год.

При $p_{A\text{доп}} = 0,356$ Па (відповідає допустимому рівню звуку 85 дБ А) и $T_{\text{р.д}} = 8$ год

$$D_{\text{доп}} = 1 \text{Па}^2 \cdot \text{ч} ;$$

при $D = D_{\text{доп}} D_{\text{отн}} = 100\%$.

Співвідношення між еквівалентним рівнем звуку і відносною дозою шуму (при допустимому рівні звуку 80 дБ А) в залежності від часу дії шуму наведено в таблиці.

Відносна доза шуму, %	Еквівалентний рівень звуку, дБ А						
	за час дії шуму, год						
	8	4	2	1	30 хв	15 хв	7 хв
3,2	70	73	76	79	82	85	88
6,3	73	76	79	82	85	88	91
12,5	76	79	82	85	88	91	94
25	79	82	85	88	91	94	97
50	82	85	88	91	94	97	100
100	85	88	91	94	97	100	103
200	88	91	94	97	100	103	106
400	91	94	97	100	103	106	109
800	94	97	100	103	106	109	112
1600	97	100	103	106	109	112	115
3200	100	103	106	109	112	115	118

Інтегральні показники стану КЕЗТ

Індекс стану деревостану відображає життєздатність деревного пологу через середньозважену ступінь облистяності крон і дає відносне уявлення про біологічну продуктивність та екологічну асимілятивну здатність досліджуваної ділянки лісу.

$$H_1 = \sum_{i=1}^k Q_i \cdot f_i,$$

де Q_i – частка суми площ перерізу дерев i -тої категорії стану в загальній сумі площ поперечного перерізу всіх стовбурів дерев;

f_i – коефіцієнти облистяності дерев різних категорій станів (1,0 – без ознак ослаблення; 0,8 – слабо ослаблені (втрата облистяності до 25 %); 0,6 – ослаблені (втрата облистяності до 50 %); 0,4 – сильно ослаблені (втрата облистяності до 75 %); 0,2 – всохлі (втрата облистяності понад 75 %); 0 – сухостій / бурелом поточного року та минулих років).

Індекс структурного різноманіття лісового біоценозу – відображає збереження структури ключових елементів лісового середовища в обстежених ділянках лісу. Практично неможливо визначити абсолютну різноманітність видів в лісовій екосистемі. Але, можна вдатися до методу відносної оцінки. Наприклад, різноманітність ключових середовищ існування в лісових екосистемах побічно дає уявлення про ступінь представленості лісових видів («різноманітність породжує різноманітність»). Індекс структурного різноманіття побудований на основі індексу Бріллюена, який є одним з універсальних показників різноманітності в теорії інформації. Він розраховується за формулою:

$$H_{str} = \frac{1}{M} \ln \frac{m_1! m_2! m_3! \dots m_i!}{M!}$$

де m_i – числове значення i -го компонента різноманітності

Додаток М

Акт впровадження результатів дисертаційної роботи

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. ЛВПД

«Лабораторний центр
на залізничному транспорті
держсанепідемслужби України»

В.М. Литюк

«14» липня 2015 р.

АКТ

про впровадження результатів дисертаційного дослідження
Рудої Марії Віталіївни

від «14» липня 2015 р.

м. Львів

Акт складено комісією у складі:

Голова

– завідувач лабораторії
Електромагнітних полів та інших
фізичних факторів
Р.В. Онуфрович

Члени комісії:

– лікар-лаборант-гігієніст Санітарно-
гігієнічної лабораторії
О.В. Пластунова
– інженер Санітарно-гігієнічної
лабораторії
М.В. Вавринюк

У період з 6 по 9 липня 2015 р. комісія виконала роботи по визначенню фактичного впровадження результатів дисертаційного дослідження Рудої Марії Віталіївни лабораторії Електромагнітних полів та інших фізичних факторів та санітарно-гігієнічної лабораторії ЛВПД (Лабораторний центр на залізничному транспорті держсанепідемслужби України) з метою вдосконалення методології моніторингу за станом функціонування захисних лісових насаджень Львівської залізниці. Зокрема, запропоновані в дисертаційному дослідженні методики проведення польових та натурних спостережень дозволяють об'єктивно визначити екологічні загрози спричинені природними та техногенно-природними процесами на шляхах Львівської залізниці. Розроблений алгоритм проведення моніторингу на шляхах залізничного транспорту має важливе значення для дотримання санітарно-гігієнічних норм та забезпечення екологічної безпеки.

На основі отриманих наукових результатів Рудої Марії Віталіївни розроблені, удосконалені та впроваджені положення екосистемного принципу моніторингу за станом захисних лісонасаджень на Львівській залізниці.

Комісія розглянула такі матеріали:

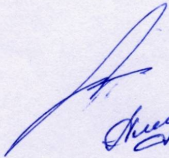


1. Дисертаційну роботу Рудої Марії Віталіївни.
2. Протоколи та акти результатів проведених досліджень дисертантом в період з 2010 до 2015 рр.
3. Техногенно-екологічні моделі вдосконалення моніторингу на шляхах Львівської залізниці ЛВПД (Лабораторний центр на залізничному транспорті держсанепідслужби України).
4. Пропозиції та рекомендації щодо технічних аспектів інструментального обстеження шляхів залізничного транспорту.

За результатами проведеної роботи комісією встановлено:

1. Практичні результати дисертаційного дослідження можуть бути використані при проведенні моніторингових досліджень визначення акустичного навантаження на шляхах Львівської залізниці.
2. Розроблені у дисертаційній роботі Рудої Марії Віталіївни науково-методичні положення, а також практичні методики можуть бути використані у таких лабораторіях:
 - 2.1. Електромагнітних полів та інших фізичних факторів;
 - 2.2. Фізичних факторів з проведенням радіологічних досліджень;
 - 2.2. Санітарно-гігієнічній лабораторії з проведенням токсикологічних досліджень.
3. Практичні та науково-методичні розробки, запропоновані автором, можуть бути рекомендовані до впровадження у інших Лабораторних центрах санепідслужби України.

Голова комісії:

Члени комісії:

 Р.В. Онуфрович
 О.В. Пластунова
 М.В. Вавринюк

Додаток Н

Список публікацій здобувача за темою дисертації та відомості про апробацію результатів дисертаційної роботи

1. Руда М.В. Визначення рівня забруднення баласту залізничної колії та екологічні інновації на залізниці / М.В. Руда // Матеріали I міжнародного конгресу «Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування» Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2009 – С. 140-141. – ISBN 978-966-553-789-2.
2. Руда М.В. Мікоризація лісопосадкового матеріалу для фітооптимізації техногенних ландшафтів / М.В. Руда, В.П. Оліферчук, В.І. Мокрий // Матеріали другої міжнародної науково-практичної конференції «Захист навколишнього середовища. Збалансоване природокористування». – Львів: Західно-український консалтинг центр, 2009 – С. 79-80.
3. Руда М.В. Застосування математичних моделей флуоресцентних параметрів для моніторингу вуглецевого балансу лісових екосистем / М.В. Руда, М.Г. Риндик, Ю. Суль та ін. // Матеріали Третьої міжнародної студентської науково-практичної конференції «Захист навколишнього середовища. Збалансоване природокористування». – Львів, 2010 – С. 69-71.
4. Руда М.В. Оцінка екологічного стану ґрунтів залізничного полотна та рекомендації щодо його покращення / М.В. Руда, Н.Г. Лук'янчук // Збірник тез II Міжнародної наукової конференції «Екологія – шляхи гармонізації відносин природи та суспільства». – Умань, 2010 – С. 54–56.
5. Руда М.В. Математичне моделювання флуоресцентних параметрів моніторингу вуглецевого балансу в лісових екосистемах / М.В. Руда, О.О. Леськів, М.Г. Риндик та ін. // Збірник тез всеукраїнської науково-практичної конференції студентів та аспірантів та 62-га студентська науково-технічна конференція НЛТУ України. – Львів: 2010 р. – С. 160 – 162.
6. Руда М.В. Еколого-географічний аналіз залізничного транспорту Львівської області / Н.Г. Лук'янчук, М.В. Руда // Науковий вісник НЛТУУ:

- Збірник науково-технічних праць: «Урбанізаційні процеси в гірських ландшафтах і шляхи їх регулювання». – Львів: РВВ НЛТУ України. – 2011, вип. 21.16. – С.284-288.
7. Руда М.В. Екологічні дослідження ґрунту в зоні захисних лісонасаджень залізниці / М.В. Руда, Н.Г. Лук'янчук // Матеріали Четвертої студентської науково-практичної конференції «Захист навколишнього середовища. Збалансоване природокористування». – Львів: «ЗУКЦ», 2011. – С.79-81.
 8. Руда М.В. Фітомеліоративна роль захисних лісонасаджень Львівської залізниці / М.В. Руда // Матеріали П'ятої міжнародної студентської науково-практичної конференції «Захист навколишнього середовища. Збалансоване природокористування». – Львів: 2011. – С.104-106.
 9. Руда М.В. Сучасні еколого-економічні проблеми транспортування небезпечних вантажів Львівською залізницею / І.А. Дубовіч, М.В. Руда // Науковий вісник: Збірник науково-технічних праць. – Львів: РВВ НЛТУ України. – 2012. – Вип. 22.9. – С. 66-71.
 10. Руда М.В. Характер формування структури захисних лісонасаджень вздовж залізничних шляхів / М.В. Руда // Збірник тез 64-ої науково-технічної конференції студентів, аспірантів НЛТУ України, студентів коледжів та слухачів Малої лісової академії. – Львів: Видавництво РВВ НЛТУ України 2012 р. – С. 52-54.
 11. Руда М.В. Мікоризація лісопосадкового матеріалу захисних лісонасаджень залізниці / М.М. Паславський, М.В. Руда // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні тенденції розвитку сільськогосподарської науки». – Львів: «Львівська аграрна фундація», 2012 р. – С. 77-80.
 12. Руда М.В. Покращення водоохоронних функцій захисних лісонасаджень за допомогою мікоризованого посадкового матеріалу (на прикладі Львівської залізниці) / М.М. Паславський, М.В. Руда // Матеріали Одинадцятої Міжнародної науково-практичної конференції: збірник наукових статей «Ресурси природних вод Карпатського регіону/Проблеми охорони та раціонального використання». – Львів: ЛвДЦНП, 2012, – С. 236-240.

13. Руда М.В. Экологические исследования защитных лесонасаждений Львовской железной дороги / Н.Г. Лук'янчук, М.В. Руда // Материалы международной конференции «Современные проблемы лесного хозяйства и лесоустройства»: ноябрь 2012 г. Новости Международного центра лесного хозяйства и лесной промышленности Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета / за ред. М.А.Чубинского – Том 1, номер 15. – С. 154-157. – ISBN 978-5-9239-0518-2
14. Руда М.В. Роль лісових насаджень на шляхах залізничного транспорту як аспект екологічної безпеки / Н.Г. Лук'янчук, М.В. Руда, Г.В. Сомар // Матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції «Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства» – Львів: ЛДУ БЖД, 2012. – С. 124-127.
15. Руда М.В. Радіаційна безпека та протирадіаційні заходи у зоні відведення залізниці / Н.Г. Лук'янчук, М.В. Руда // Збірник статей учасників VII Всеукраїнської науково-практичної конференції: «Охорона навколишнього середовища промислових регіонів, як умова сталого розвитку України». Запоріжжя: Видавництво, 2012. – С. 235-236.
16. Руда М.В. Аналіз результатів дослідження стану та функціонування захисних лісонасаджень вздовж залізниці / Н.Г. Лук'янчук, М.В. Руда // Науковий вісник: Збірник науково-технічних праць. – Львів: РВВ НЛТУ України. – 2013. – Вип. 23.11. – С. 110-117.
17. Руда М.В. Вивчення ефективності впливу мікоризоутворюючих грибів при вирощуванні сіянців бука лісового / В.П. Оліферчук, Н.Г. Лук'янчук, М.В. Руда та ін. // Букові праліси та давні букові ліси Європи: проблеми збереження та сталого використання. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. – Ужгород: КП «Ужгородська міська друкарня», 2013 р. – С. 252-255.
18. Руда М.В. Снігозахисні функції лісових насаджень вздовж залізниці / М.В. Руда // Формування нового світогляду як основа стратегії сталого розвитку, 14-16 березня 2013 року: I Міжнародна. Міждисциплінарна науково-практична конференція: матеріали конференції – Львів: 2013 р. – С. 24-26.

19. Руда М.В. Повышение устойчивости к неблагоприятным абиотическим факторам среды лесозащитных насаждений Львовской железной дороги / Н.Г. Лук'янчук, М.М. Паславський, М.В. Руда // Современное состояние и перспективы охраны и защиты лесов в системе устойчивого развития, 9-11 октября 2013 года: материалы международной научно-практической конференции – Институт леса НАН Беларуси, 2013 г. – С. 240-245. – ISBN 978-985-6768-26-5
20. Руда М.В. Закономірності розподілу есенціальних хімічних елементів у мезоекосистемі Дністровського Передкарпаття // М.М. Паславський, М.В. Руда // Науковий вісник: Збірник науково-технічних праць. – Львів: РВВ НЛТУ України. – 2014. – Вип. 24.8. – С. 131-135. – ISBN 5-7763-2435-1
21. Руда М.В. Зниження шумового впливу залізничного транспорту за допомогою лісонасаджень / М.В. Руда, Н.Г. Лук'янчук // Праці Наукового товариства ім. Шевченка. Екологічний збірник «Сучасні проблеми дослідження та збереження біорізноманіття». – 2014 – Том XXXIX – С. 294-299 – ISSN 1563-3950.
22. Руда М.В. Эколого-экономические аспекты использования альтернативных источников энергии в энергоснабжении / Н.Г. Лук'янчук, М.В. Руда // Альтернативные источники сырья и топлива: сб. науч.тр. / Нац. акад. наук. Беларуси, Ин-т химии и топлива материалов; науч. ред. В.Е. Агабеков, К.Л. Гусаков, Ж.В. Игнатович. – Минск: Беларуская навука, 2014. – Вып. 1. – С. 270-279. – ISBN 978-985-08-1728-0.
23. Руда М.В. Эколого-экономические аспекты использования альтернативных источников энергии в энергоснабжении / Н.Г. Лук'янчук, М.В. Руда // Альтернативные источники сырья и топлива: сб. науч.тр. / Нац. акад. наук. Беларуси, Ин-т химии и топлива материалов; науч. ред. В.Е. Агабеков, К.Л. Гусаков, Ж.В. Игнатович. – Минск: Беларуская навука, 2014. – Вып. 1. С. 270-279 – ISBN 978-985-08-1728-0.
24. Руда М.В. Оценка экологической безопасности и учет эколого-техногенных рисков на путях железнодорожного транспорта Львовской железной дороги / М.В. Руда // Экология и безопасность

- жизнедеятельности: сборник статей XIV международной научно-практической конференции – МНИЦ ПГСХА. – Пенза: РИО ПГХА, 2014 г. – С. 110-114.
25. Руда М.В. Экосистемный принцип мониторинга и контроля качества консорции экотонів защитного типа (на примере Львовской железной дороги) / М.В. Руда // Сборник научных трудов молодых ученых, аспирантов, студентов и преподавателей по результатам проведения Шестого молодежного Конгресса «Северная Пальмира», 3-4 декабря 2014 г., Санкт-Петербург. – СПб НИЦЭБРАН, 2015 г. – С. 62-66.
26. Руда М.В. Структура та алгоритм управління консорцією екотонів захисного типу для забезпечення екологічної безпеки на шляхах залізничного транспорту / М.В. Руда // Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції «Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства. Європейський досвід і перспективи», – Львів: ЛДУ БЖД, 2015. – С. 355-357.
27. Ruda M. Consortiums of ecotones of protective type to ensure the environmental safety on railway lines / V. Pohrebennyk, M. Ruda, M. Paslavskyi // New trends in the ecological and biological research: International scientific conference: book of abstracts University of Prešov, Slovak republic – 9. – 11. September, 2015 – P. – 60 – ISBN 978-80-555-1354-6.
28. Руда М.В. Реализация концепции консорции экотонів защитного типа в обеспечении устойчивого развития на путях железнодорожного транспорта / М.В. Руда, Н.Г. Лукьянчук // Сборник материалов III Молодежного Экологического Форума [Электронный ресурс – режим доступа <http://science.kuzstu.ru/event/event-reports/forum/>] / Под ред.: Т.В. Галанина, М.И. Баумгартон – Кемерово: КузГТУ, 2015. – ISBN 978-5-906805-20-1.
29. Руда М.В. Техногенно-екологічне обґрунтування екосистемного принципу моніторингу консорцій екотонів захисного типу на шляхах залізничного транспорту / М.В. Руда // Прикладні аспекти техногенно-екологічної безпеки: збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції /

- Національний університет цивільного захисту України. – Х: НУЦЗУ, 2015 – С. – 231-233 (276 с.).
30. Ruda M. Spase-fundional role of consortiums of ecotones of protective type to ensure the environmental safety on railway lines / M. Ruda, V. Pohrebennyk // V Міжнародний молодіжний науковий форум «Litteris et Artibus» / Матеріали. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2015. – 1 електрон. опт. диск (CD-ROM) – с. 464-465. ISBN 978-617-607-856-2
 31. Руда М.В. До питання енвайронів торфовищ мезоекосистем захисного типу Дністровського Передкарпаття / М.М. Паславський, М.В. Руда // Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування. Матеріали Другої міжнародної науково-практичної конференції (5–8 жовтня 2015 р., м. Трускавець). Державна комісія України по запасах корисних копалин (ДКЗ). – К.: ДКЗ, 2015. – с. 352-357. (466 с.)
 32. Руда М.В. Енвайрон-модель у забезпеченні екологічної безпеки перезволожених ландшафтних комплексів мезоекосистеми Дністровського Передкарпаття / М. Паславський, М. Руда, І. Половинко, С. Рихлюк // Фізичні методи в екології, біології та медицині: Матеріали VI конференції (Львів-Ворохта, Україна, 17-18 вересня 2015). Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. Ів.Франка – С. 81-83 (118с.).
 33. Пат. UA 111249 C2. Спосіб фіторизоремедіації девастрованих ґрунтів / Оліферчук В.П., Паславський М.М., Руда М.В.; заявник і власник Державний вищий навчальний заклад «Національний лісотехнічний університет України» – № а 2014 06794; заявл. 16.06.2014; опубл. 11.04.2016, Бюл. № 7.
 34. Пат. UA 111392 C2. Спосіб сильватизації корінних деревостанів / Оліферчук В.П., Паславський М.М., Руда М.В.; заявник і власник Державний вищий навчальний заклад «Національний лісотехнічний університет України» – № а 2014 06774; заявл. 16.06.2014; опубл. 25.04.2016, Бюл. № 8.
 35. Пат. UA 111393 C2. Спосіб ризоремедіації девастрованих земель / Оліферчук В.П., Паславський М.М., Руда М.В.; заявник і власник

- Державний вищий навчальний заклад «Національний лісотехнічний університет України» – № а 2014 06776; заявл. 16.06.2014; опубл. 25.04.2016, Бюл. № 8.
36. Pohrebennyk V. Consortiums of ecotones of protective type to ensure the environmental safety on railway lines / Volodymyr Pohrebennyk, Maria Ruda, Mykhaylo Paslavskyi, Ivan Solomon // Acta facultatis studiorum humanitatis et naturae Universitatis Presoviensis. Natural sciences. Biology-ecology. Volume XLIII. Presov, Slovak Republik. 2016. p. 172-181.
 37. Руда М.В. Modeling of Cyber Physical Systems for Quality Monitoring of Protective Consortive Ecotones / А.Ф. Обшта, М.В. Руда, І.Й. Сорока // Innovation in the development of socio-economic systems: microeconomic, macroeconomic and mesoeconomic levels. – Collective monograph. – Vol. 3. Kaunas, Lithuania: «Izdevnieciba «Baltija Publishing», 2016. – 348 p.
 38. Руда М.В. Антропогенна трансформація властивостей екотонів захисного типу на шляхах залізничного транспорту / А.Ф. Обшта, І.Й. Сорока, М.В. Руда // Вимірювальна техніка та метрологія. – 2016. – Вип. 77. – С. 165-177.
 39. Maria Ruda Protective Consortive Ecotones and the Quality of their Functioning / Anatoliy Obshta, Maria Ruda, Iryna Soroka // 14th International Conference the Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics (CADSM): Proceedings – Polyana, Svalyava, (Zakarpattya), Ukraine, February 21-25, 2017 – С. 314-318.
 40. Руда М.В. Моделювання системи менеджменту функціонування консорцій екотонів захисного типу на шляхах залізничного транспорту / А.Ф. Обшта, М.В. Руда, І.Й. Сорока // Управління якістю в освіті та промисловості: досвід, проблеми та перспективи: тези доповідей III Міжнародної науково-практичної конференції пам'яті професора Петра Столярчука, 11–12 травня 2017 року / відп. за вип. М. М. Микийчук. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2017. – С. 113-115 (240 с). ISBN 978-966-941-044-3.