



<https://doi.org/10.33220/1026-3365.148.2026.42>

## РУБКИ ЯК ІНСТРУМЕНТ ДІАГНОСТИКИ СТАНУ ВИСОКОГІРНИХ СМЕРЕЧНИКІВ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ

А. А. Новак<sup>1</sup>, О. М. Клименко<sup>2\*</sup>, С. Л. Копій<sup>3</sup>

Проаналізовано динаміку обсягів та інтенсивності рубок формування та оздоровлення лісів в осередках всихання високогірних смereчників Брустурянського надлісництва протягом 2020–2024 рр. Зокрема, виявлено, що рубки догляду характеризуються порівняно стабільною інтенсивністю з незначними коливаннями за роками, тоді як вибіркові санітарні рубки мають тенденцію до збільшення обсягів за поступового підвищення інтенсивності. Проаналізовано динаміку частки ділової деревини в загальній сортиментній структурі деревини, вилученої в результаті суцільних санітарних рубок, що дало змогу оцінити ефективність проведення лісогосподарських заходів та охарактеризувати стан насаджень. Виявлено, що частка ділової деревини в загальному обсязі деревини, одержаної внаслідок суцільних санітарних рубок, невпинно зменшується. Отримані результати підтверджують доцільність використання показників рубок формування та оздоровлення як індикатора стану й життєздатності лісів, а також підкреслюють важливість їхнього системного аналізу для оцінювання процесів деградації смereкових насаджень та обґрунтування ефективних заходів ведення лісового господарства.

Ключові слова: смereка, всихання лісів, санітарний стан насаджень, рубки формування та оздоровлення лісів, інтенсивність рубок.

**Вступ.** Усихання смereкових лісів в Українських Карпатах є однією з найбільших проблем у сучасному лісівництві, оскільки охоплює значні площі гірських територій і має системний характер. Смereка (*Picea abies* (L) H.Karst.) історично посідала важливе місце в структурі карпатських лісів, виконуючи ключові екологічні функції: середовищевітру, водо- та кліматорегулювальну, ґрунтозахисну тощо. Водночас в останні десятиліття відбувається інтенсивне погіршення стану смereкових деревостанів, що виявляється в їхньому зниженні приросту, втраті біологічної стійкості та масовому всиханні (Shparyk *et al.*, 2020; Lavnyu *et al.*, 2025). Сучасні дослідження свідчать, що це явище спричинене багатьма чинниками. Однією з основних причин є кліматичні зміни, які мають прояв у підвищенні температури повітря, зміні режиму опадів і частоті та тривалості посушливих періодів. Крім того, накопичення сухоостою підвищує пожежну небезпеку, а ослаблені насадження є сприйнятливими до заселення шкідниками (Kramarets and Matsyakh, 2018). Економічні втрати також є значними: зменшується запас і погіршується якість деревини, збільшуються витрати на проведення санітарних рубок та лісовідновлення (Lavnyu and Pelukh, 2019).

Процеси деградації смereкових лісів в Українських Карпатах безпосередньо відбиваються на обсягах, структурі та інтенсивності рубок формування та оздоровлення, які в останні десятиліття набули виразно санітарно-відновного характеру. Якщо раніше основну частку в системі господарських заходів становили рубки догляду, спрямовані на формування продуктивних і стійких деревостанів, то в умовах масового всихання смereки акцент поступово змістився у бік санітарних і лісовідновних заходів.

Інтенсивність рубок формування та оздоровлення лісів змінюється неоднозначно. З одного боку, у сильно ослаблених і деградованих деревостанах проведення класичних рубок

<sup>1</sup> Новак Анатолій Анатолійович, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, Львів, 79057, Україна, E-mail: [novak@nltu.edu.ua](mailto:novak@nltu.edu.ua), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1239-7423>

<sup>2</sup> Клименко Олександр Миколайович, доктор сільськогосподарських наук, професор, Національний університет водного господарства та природокористування, вул. Соборна, 11, Рівне, 33000, Україна, E-mail: [o.m.klymenko@nuwm.edu.ua](mailto:o.m.klymenko@nuwm.edu.ua), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2047-8824>

<sup>3</sup> Копій Сергій Леонідович, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, Львів, 79057, Україна, E-mail: [s.kopiy@nltu.edu.ua](mailto:s.kopiy@nltu.edu.ua), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7322-7244>

\*Адреса для кореспонденції: [o.m.klymenko@nuwm.edu.ua](mailto:o.m.klymenko@nuwm.edu.ua)

догляду втрачає сенс або є обмеженим, оскільки основним завданням стає не формування насаджень, а ліквідація осередків всихання. З іншого боку, у порівняно стійких або частково порушених насадженнях рубки догляду набувають адаптаційного характеру: їх спрямовують на підвищення біологічної стійкості деревостанів, формування мішаного складу, покращення мікроклімату. У зв'язку із цим дослідження процесів всихання смереки є вкрай необхідним. Воно дає можливість з'ясувати механізми деградації лісів, визначити роль окремих чинників та їхню взаємодію, а також прогнозувати подальший розвиток ситуації.

Зокрема, у дослідженнях (Kramarets and Matsyakh, 2018) визначено, що деградація смерекових лісів є результатом взаємодії певних груп факторів: властивостей самих насаджень (походження, вік, структура), екологічних умов і комплексу біотичних агентів, серед яких ключову роль відіграють ксилофаги та патогени.

У сучасних європейських дослідженнях зазначається, що дефіцит вологи є критичним чинником для смереки, особливо на нижніх межах її висотної поясності, де інтенсивність її всихання найбільша (Shvidenko *et al.*, 2017; Shparyk *et al.*, 2020; Popa *et al.*, 2024). Аналогічні висновки підтверджують роботи з моделювання всихання дерев, в яких наголошено на вирішальній ролі температури та водного стресу у формуванні осередків деградації хвойних лісів (Shparyk, 2019; Trubin *et al.*, 2022; Kravchynskiy *et al.*, 2024).

Важливою складовою процесу деградації смерекових лісів в Українських Карпатах є біотичні чинники, передусім короїд-типограф (*Ips typographus*). У дослідженнях (Kukina and Zinchenko, 2020) зазначено, що динаміка осередків цього шкідника тісно пов'язана з кліматичними умовами, зокрема тривалими посухами та підвищенням температур, які сприяють масовому розмноженню популяцій. Європейські дослідження також підтверджують, що спалахи чисельності короїда часто ініціюють вітровали або кліматичні стреси, що може призводити до масової загибелі смереки протягом кількох років (Jakuš *et al.*, 2011; Michalková *et al.*, 2012; Hroššo *et al.*, 2020).

Окрему увагу в науковій літературі приділено ролі походження смерекових лісів. Виявлено, що ялинники Українських Карпат значною мірою є похідними та створеними на місці корінних буково-ялищевих лісів, що знижує їхню екологічну стійкість і підвищує уразливість до кліматичних і біотичних чинників (Kramarets and Matsyakh, 2018). У дослідженнях (Shparyk and Pařan, 2020) відзначено, що під час всихання відбувається поступова трансформація деревостанів із домінуванням смереки у мішані ялищєво-букові ліси, що відбиває природні сукцесійні процеси.

Таким чином, сучасні наукові дослідження свідчать, що всихання смереки в Карпатах є результатом синергічної дії кліматичних змін (насамперед посух), біотичних чинників (короїдів, патогенів) та антропогенно зумовленої структури лісів. Водночас деградацію ялинників розглядають не лише як негативний процес, а й як етап перебудови лісових екосистем у напрямку адаптації до сучасних умов.

*Метою дослідження* є виявлення закономірностей прояву деградації смерекових насаджень Українських Карпат через аналіз динаміки площ та обсягів рубок формування та оздоровлення лісів. Передбачається визначити, якою мірою зміни в структурі та інтенсивності рубок догляду й санітарних заходів відображають глибину деструктивних процесів у деревостанах, а також оцінити їхню інформативність для діагностики порушеності високогірних смеречників та прийняття лісівничих рішень щодо адаптивного ведення лісового господарства.

**Матеріали й методи.** Методична основа дослідження – поєднання ретроспективного аналізу лісогосподарської діяльності, порівняльно-статистичних методів та індикаторного підходу до оцінювання стану деревостанів.

Дослідження виконано на базі високогірних смерекових насаджень Брустурянського надлісництва за період 2020–2024 рр. Смерека в лісостанах надлісництва є єдиною головною та домінантною породою і формує тут переважно чисті смеречники.

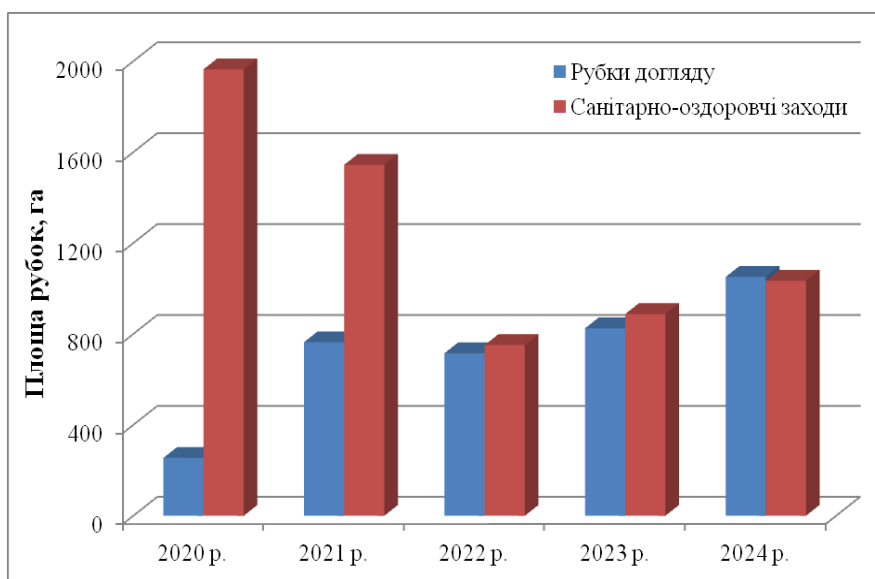
Джерелом вихідної інформації були матеріали офіційної звітності з лісогосподарської діяльності Брустурянського надлісництва, що містили дані про площі, обсяги та структуру рубок догляду й санітарних заходів. Для інтерпретації результатів використано положення чинних нормативних документів (*Rules for improving the quality of forests*, 2007).

Методично застосовано: ретроспективний (динамічний) аналіз, спрямований на виявлення часових закономірностей зміни площ, обсягів та інтенсивності рубок; порівняльний аналіз, який дав змогу зіставити різні види рубок (рубки догляду, вибіркові та суцільні санітарні рубки) та їхнє співвідношення у часі; структурний аналіз, використаний для оцінювання розподілу рубок догляду за видами (освітлення, прочищення, проріджування, прохідні рубки) та їхнього внеску до загальної системи господарських заходів; розрахунково-аналітичний метод, зокрема визначення інтенсивності рубок, частки ділової деревини та інших похідних показників; індикаторний підхід, за яким динаміка лісогосподарських заходів (площі, обсяги, інтенсивність, структура) інтерпретується як опосередкований індикатор санітарного стану та ступеня деградації смерекових деревостанів. Хоча згідно з нормативними документами інтенсивність рубки вимірюють у відсотках (*Rules for improving the quality of forests*, 2007), ми оцінювали цей показник за обсягом вилученої деревини, що давало змогу порівнювати різні варіанти.

Аналіз даних здійснювали з використанням елементів описової статистики та графічної інтерпретації результатів (Goroshko et al., 2004), що забезпечило можливість виявлення тенденцій, фазових переходів (кризовий стан → стабілізація) та оцінювання ефективності лісогосподарських заходів у контексті відновлення стійкості високогірних смеречників.

У роботі застосовано непрямий (індикаторний) підхід до оцінювання деградації лісів, коли динаміку стану деревостанів визначають не за результатами лісопатологічних обстежень, а через аналіз інтенсивності та структури господарських втручань, що є характерним для сучасних досліджень у галузі адаптивного лісівництва.

**Результати.** Динаміка обсягів рубок догляду та санітарних заходів у високогірних смеречниках Брустурянського надлісництва в 2020–2024 рр. свідчить про зміну пріоритетів у веденні господарства, що пов'язано з погіршенням стану насаджень. Так, у 2020 р. зафіксовані стрімкі зміни співвідношення між площею окремих видів рубок: площа санітарних заходів становила 1 964,7 га, тоді як рубки догляду охоплювали лише 254,9 га (рис. 1).



**Рис. 1 – Структура рубок формування та оздоровлення за їхнім поширенням у деревостанах Брустурянського надлісництва (2020–2024 рр.)**

**Fig. 1 – Structure of thinning and regeneration cuts by their area in the forest stands of the Brustury Forestry Management Unit (2020–2024)**

Така структура свідчить про кризовий стан смерекових деревостанів, зумовлений їхнім масовим всиханням, коли господарські заходи були спрямовані переважно на ліквідацію осередків деградації.

У 2021 р. відбулося зменшення площ санітарних рубок до 1 544,1 га за одночасного збільшення обсягів рубок догляду до 763,8 га. Це свідчить про часткову стабілізацію ситуації та ефективність санітарних заходів у попередні роки. Водночас значне переважання санітарних рубок над рубками догляду свідчить, що зазначені заходи не призвели до поліпшення стану насаджень. У 2022 р. відбувалося подальше зближення показників: площі рубок догляду становили 715,5 га, а санітарних заходів – 751,2 га. Така динаміка характеризує перехідний стан лісів, коли інтенсивність деградаційних процесів зменшується, а система господарювання поступово повертається власне до завдання формування деревостанів.

У 2023 р. площі рубок догляду та санітарних рубок збільшилися та становили 825,8 та 888,0 га відповідно, що може свідчити про активізацію лісогосподарської діяльності в умовах відносної стабілізації, однак зі збереженням першочергової потреби саме в санітарних заходах. Найбільш показовим був 2024 р., коли площа рубок догляду (1 050,8 га) вперше перевищувала обсяги санітарних заходів (934,0 га). Це свідчить про суттєве зменшення масштабів масового всихання та поступовий перехід від переважно ліквідаційних заходів до формування й вирощування стійкіших деревостанів. Однак слід відзначити, що раціональне призначення дерев до рубок догляду (особливо до проріджувань та прохідних рубок) здійснюють також на санітарній основі.

Збільшення масштабів рубок догляду на тлі збільшення обсягів вирубанної деревини у 2020–2024 рр. свідчить про їхню поступову інтенсифікацію (рис. 2).

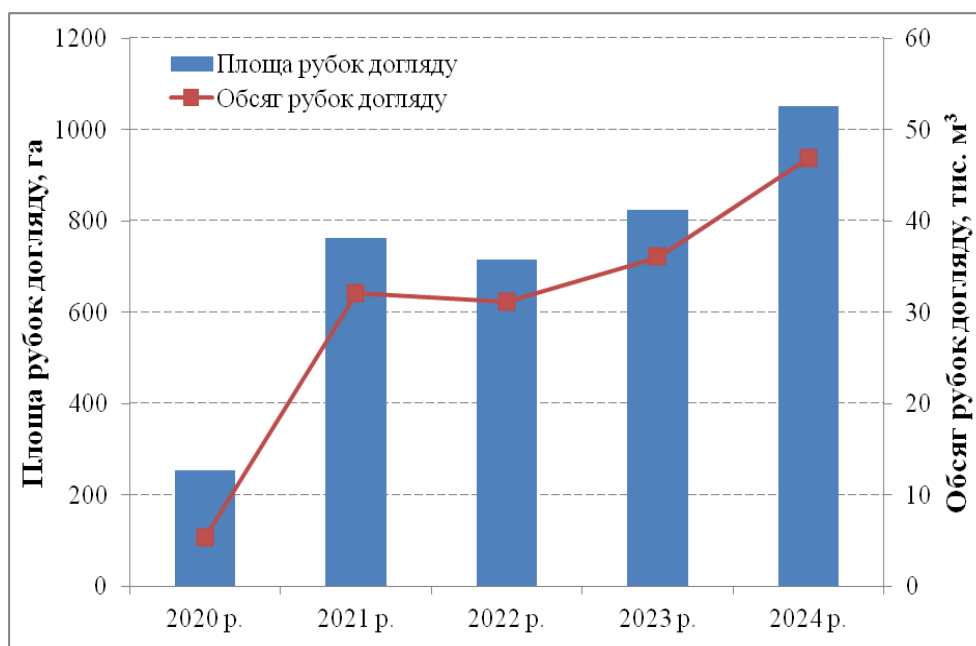


Рис. 2 – Площі й обсяги рубок догляду в лісостанах Брустурянського надлісництва (2020–2024 рр.)

Fig. 2 – Areas and volumes of thinning in the forest stands of the Brustury Forestry Management Unit (2020–2024)

У 2020 р. площа рубок догляду становила 254,9 га, а їх обсяг – лише 5,369 тис. м<sup>3</sup>, що свідчить про обмежене проведення цих рубок як заходів щодо формування насаджень і, ймовірно, переорієнтацію господарства на ліквідацію наслідків масового всихання. Така ситуація є типовою для періодів різкого погіршення санітарного стану лісів, коли пріоритет надають оздоровленню насаджень. У 2021 р. відбувалося стрімке зростання площ рубок догляду до 763,8 га й обсягу заготовленої деревини до 32,066 тис. м<sup>3</sup>, що свідчить про

відновлення системного проведення доглядових заходів. Це може бути наслідком часткової стабілізації санітарного стану насаджень або завершення основних обсягів санітарних рубок у попередній період. У 2022 р. відзначено незначне зменшення площі рубок догляду до 715,5 га та обсягу деревини до 31,158 тис. м<sup>3</sup>, що, ймовірно, пов'язане з варіацією лісгосподарських планів або локальними особливостями стану насаджень.

Починаючи з 2023 р., наявна чітка тенденція до збільшення як площ, так і обсягів рубок догляду: з 825,1 га та 36,067 тис. м<sup>3</sup> (у 2023 р.) до 1050,9 га та 46,884 тис. м<sup>3</sup> (у 2024 р.) відповідно. Це свідчить про активізацію заходів саме з формування насаджень і поступовий перехід до ведення лісового господарства, орієнтованого на підвищення продуктивності та біологічної стійкості лісів.

Важливим є те, що динаміка обсягів заготівлі деревини загалом узгоджується зі змінами площ рубок, однак темпи збільшення обсягів є дещо вищими. Це може свідчити про збільшення інтенсивності рубок догляду або про залучення до рубок дерев більшого діаметра вищих класів Крафта, що є характерним для прохідних рубок і рубок у середньовікових і пристиглих насадженнях. Така тенденція є позитивною з погляду формування продуктивніших і структурно стабільніших деревостанів.

Динаміка інтенсивності рубок догляду на тлі їхніх обсягів дає змогу оцінити характер і спрямованість господарських втручань у контексті відновлення життєвості та стійкості насаджень. У 2020 р. обсяг рубок догляду становив лише 5,365 тис. м<sup>3</sup> за середнього значення показника 21,0 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup>, що свідчить про обмежене проведення рубок догляду і, ймовірно, переважання санітарних заходів як реакції на масове всихання смереки (рис. 3). Такий рівень вилучення деревини є характерним для початкових стадій рубок догляду або для випадків, коли такі рубки проводять лише епізодично.

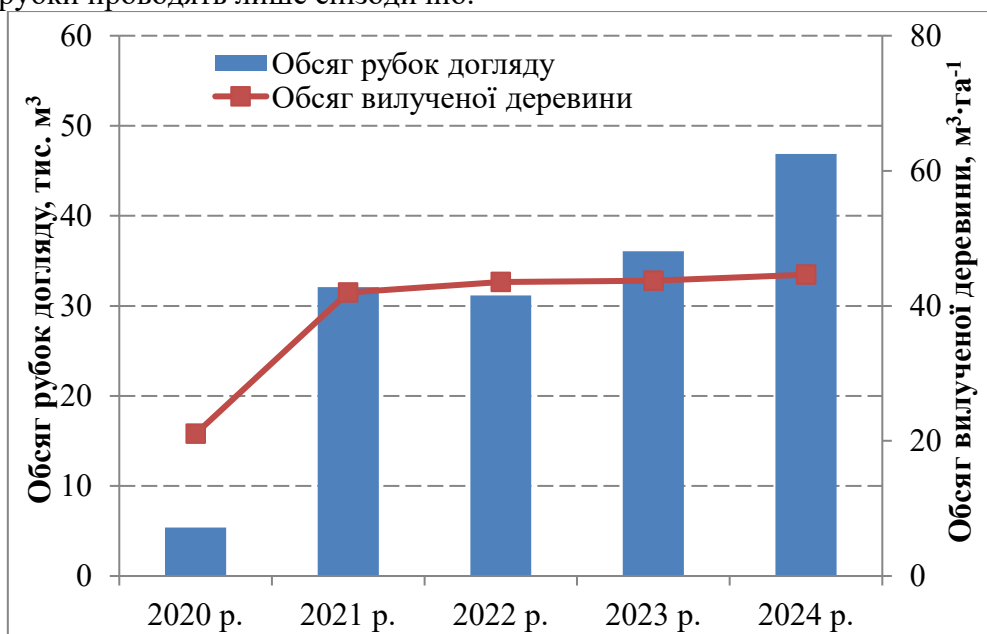


Рис. 3 – Обсяг вилученої деревини в лісостанах Брустурянського надлісництва (2020–2024 рр.)

Fig. 3 – Volume of timber removed in the forest stands of the Brustury Forestry Management Unit (2020–2024)

У 2021 р. відбулося різке зростання обсягу рубок догляду до 32,066 тис. м<sup>3</sup> що супроводжувалося підвищенням обсягу вилученої деревини фактично вдвічі (до 42,0 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup>). Це свідчить про відновлення системного проведення заходів із формування деревостанів і перехід до активнішого господарювання. У 2022 р. обсяг рубок догляду дещо знизився (до 31,158 тис. м<sup>3</sup>), однак обсяг вилученої деревини продовжував зростати і становив вже 43,5 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup>, що може свідчити про переорієнтацію рубок догляду з формування насаджень на їхнє оздоровлення, оскільки деякі види рубок догляду, зокрема, проріджування та прохідні

рубки, можуть мати санітарний характер, і цього буде достатньо для покращення життєвості насаджень.

У 2023 р. відзначено подальше зростання обсягу рубок догляду до 36,067 тис. м<sup>3</sup> за незначного підвищення обсягу вилученої деревини до 43,7 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup>, що свідчить про часткову стабілізацію підходів до проведення доглядів на санітарній основі. Однак уже у 2024 р. зафіксовано максимальне значення обсягу рубок – 46,884 тис. м<sup>3</sup>, водночас обсяг вилученої деревини сягнув 44,6 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup>. Така динаміка свідчить про розширення площ активного ведення рубок догляду зі збереженням порівняно стабільного рівня їхньої інтенсивності.

Об'єм вилученої деревини у 2021 р. різко збільшився з подальшою її стабілізацією на рівні 43–45 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup>. Це свідчить про формування оптимальних параметрів проведення доглядів у смеречниках, що відповідає практиці ведення рубок у середньовікових і пристиглих деревостанах. Одночасне збільшення обсягів рубок догляду за порівняно стабільної їхньої інтенсивності свідчить про розширення площ насаджень, у яких їх здійснюють.

Моніторинг показників поширення рубок догляду за їхніми видами свідчить про суттєву диференціацію як за поширенням, так і за динамікою проведення. Найбільшу частку за весь аналізований період посідають прохідні рубки, площа яких збільшилася від 62,8 га (у 2020 р.) до 848,7 га (у 2024 р.) (рис. 4).

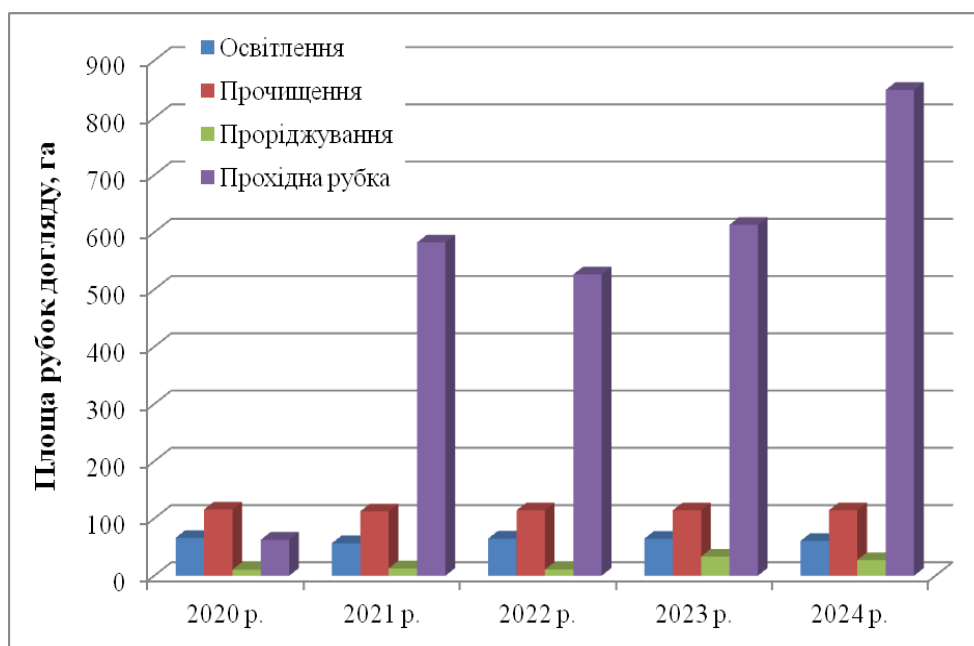


Рис. 4 – Розподіл рубок догляду в лісостанах Брустурянського надлісництва за видами (2020–2024 рр.)

Fig. 4 – Distribution of thinning operations of different types in the forest stands of the Brustury Forestry Management Unit (2020–2024)

Зокрема, різкий стрибок відбувся вже у 2021 р. (від 62,8 до 582,1 га), що може бути пов'язане з необхідністю термінового втручання в осередки всихання середньовікових і пристиглих насаджень. Подальша динаміка характеризується незначним спадом у 2022 р. (до 526,3 га) та стабільним збільшенням у 2023–2024 рр., що свідчить про розширення площ насаджень, які потребують інтенсивного формування та регулювання стану.

Обсяги почищень демонструють порівняно стабільний характер із незначними коливаннями у межах 112,3–115,6 га. Це свідчить про підтримання постійного рівня догляду за молодняками, хоча відсутність чіткої тенденції до збільшення площ може говорити про обмежене відновлення нових поколінь смеречників або недостатню увагу до ранніх стадій їхнього формування.

Рубки освітлення також характеризуються стабільною, але порівняно низькою площею (60,7–66,1 га), що підтверджує аналогічну тенденцію – обсяги догляду в наймолодших вікових групах залишаються обмеженими. В умовах деградації смерекових лісів це може свідчити про недостатню інтенсивність лісовідновлення або про зміщення акцентів у бік уваги до старших насаджень, оскільки найчастіше рубки догляду в молодняках через їхню збитковість залишаються поза увагою лісівників.

Натомість обсяги проріджувань демонструють найбільш варіабельну динаміку: від 10,4 га (у 2020 р.) до пікового значення 33,3 га (у 2023 р.) із подальшим зменшенням площі до 27,2 га (у 2024 р.). Такі коливання можуть бути зумовлені як змінами у віковій структурі насаджень, так і адаптацією лісогосподарських заходів до поточного санітарного стану деревостанів.

Динаміка обсягів рубок догляду свідчить про суттєву нерівномірність їхнього розподілу між різними віковими групами деревостанів. Найбільші обсяги за весь аналізований період припадають на прохідні рубки, які чітко домінують у структурі рубок догляду (рис. 5).

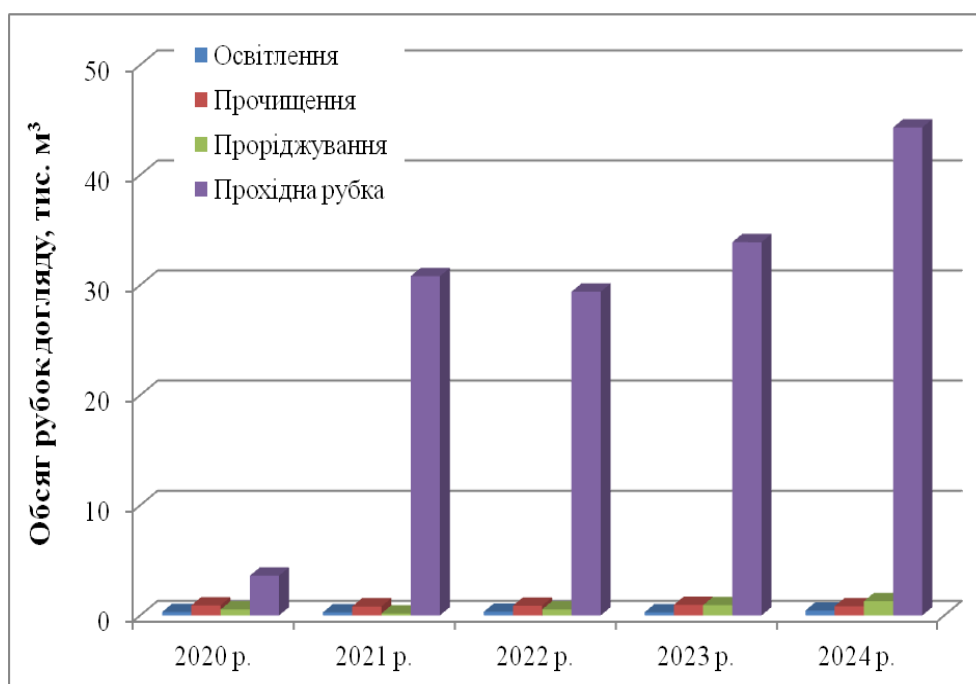


Рис. 5 – Обсяги рубок догляду за видами в лісостанах Брустурянського надлісництва (2020–2024 рр.)  
Fig. 5 – Volumes of thinnings of different types in the forest stands of the Brustury Forestry Management Unit (2020–2024)

На нашу думку, не в останню чергу це пояснюється значною часткою ділової деревини в сортиментній структурі деревини саме від прохідних рубок. Зокрема, обсяг прохідних рубок збільшився від 3,606 тис. м³ (у 2020 р.) до 30,803 тис. м³ (у 2021 р.) з незначним зниженням показника у 2022 р. (до 29,394 тис. м³) та подальшим стабільним підвищенням у 2023 та 2024 рр. (до 33,894 та 44,313 тис. м³ відповідно) – тобто загалом за аналізований період у 12,3 разу. Така динаміка свідчить про концентрацію основних зусиль лісівників саме на рубках догляду в середньвікових та пристиглих деревостанах, які потребують інтенсивного формування й регулювання структури, особливо за умови їхнього значного ослаблення.

Обсяги освітлень залишалися найменшими протягом усього аналізованого періоду й характеризувалися незначним збільшенням – від 0,319 тис. м³ (у 2020 р.) до 0,448 тис. м³ у 2024 р. Подібну тенденцію виявлено також стосовно прочищень, обсяги яких коливалися у вузькому діапазоні з поступовим підвищенням (від близько 0,91 до 1,29 тис. м³). Це свідчить про порівняно низьку інтенсивність догляду за молодняками, що може бути пов'язане як

із невеликою площею молодих насаджень, так і зі зміщенням пріоритетів у бік більш термінових заходів у старших вікових групах.

Рубки проріджування посідають проміжну позицію за обсягами та мають більш виразну варіабельність: від 0,534 тис. м<sup>3</sup> (у 2020 р.) до 1,71 тис. м<sup>3</sup> (у 2021 р.) із коливаннями у межах 0,85–2,92 тис. м<sup>3</sup> у подальші роки. Це свідчить про певну адаптацію обсягів рубок до змін у віковій структурі насаджень та їхньому санітарному стані.

Обсяги вилученої деревини деяких видів рубок догляду протягом аналізованого періоду мають суттєві відмінності в різних вікових групах деревостанів. Найвищі обсяги вилученої деревини в усі роки були стабільно характерними для прохідних рубок – у межах 52,2–57,4 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup> (рис. 6). На наш погляд, це зумовлено низьким рівнем життєвості саме середньовікових і пристиглих смеречників Брустурянського надлісництва і намаганням лісівників виправити ситуацію через рубки догляду.

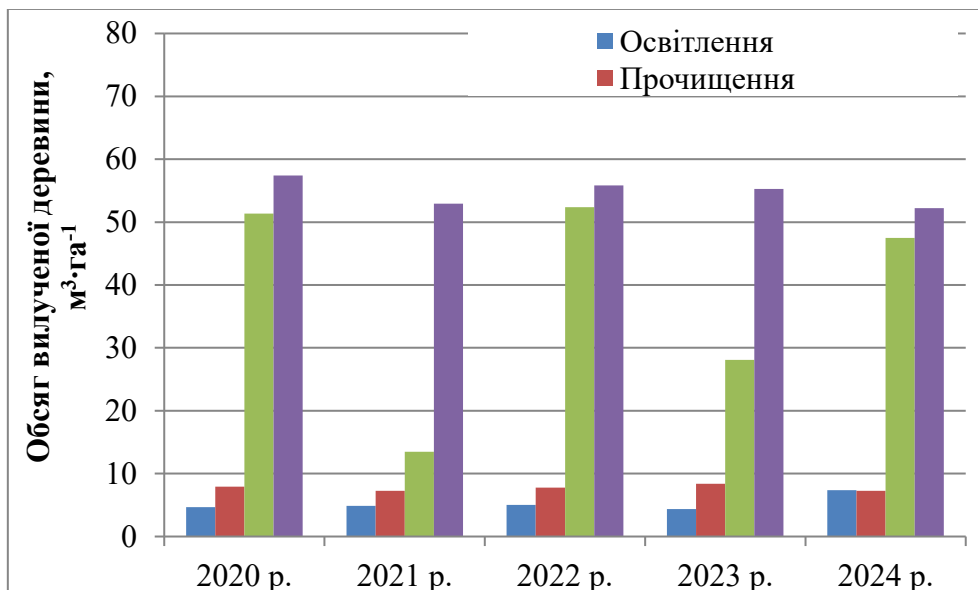


Рис. 6 – Обсяг вилученої деревини за видами в лісостанах Брустурянського надлісництва (2020–2024 рр.)

Fig. 6 – Volume of timber removed by thinning types in the forest stands of the Brustury Forestry Management Unit (2020–2024)

Інтенсивність проріджувань була ще більш мінливою. Так, у 2020 та 2022 рр. обсяг вилученої деревини становив 51,3 та 52,4 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup> відповідно, що свідчить про інтенсивний режим догляду, тоді як 2021 р. відзначився суттєво нижчим значенням (13,5 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup>), як і 2023 р. (28,1 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup>). У 2024 р. обсяг вилученої деревини знову збільшився до 47,3 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup>. Така нестабільність може бути зумовлена змінами у віковій і повнотній структурі насаджень, нерівномірністю їхнього санітарного стану або коригуванням підходів до ведення господарства в певні роки аналізованого періоду.

Інтенсивність почищень залишалася порівняно стабільною впродовж усього періоду – обсяг вилученої деревини становив 7,3–8,4 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup>, що відповідає помірному рівню втручання у формування молодняків та свідчить про їхній задовільний стан.

Аналогічною була ситуація стосовно освітлень, для яких обсяг вилученої деревини становив від 4,4 до 7,4 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup>. Це підтверджує наше припущення про обережний характер формування молодняків, що забезпечує збереження їх густоти.

Варіювання площ та обсягів вибіркового санітарних рубок у смерекових насадженнях Брустурянського налісництва впродовж 2020–2024 рр. свідчить про складний і нерівномірний перебіг процесів деградації та стабілізації стану лісів. У 2020 р. зафіксовано максимальні площі проведення вибіркового санітарних рубок – 1 582,5 га за відносно невеликого обсягу

заготовленої деревини (26,744 тис. м<sup>3</sup>) (рис. 7). Це свідчить про значне поширення пошкоджених насаджень із переважанням розріджених осередків всихання та про необхідність охоплення значних територій санітарними заходами.

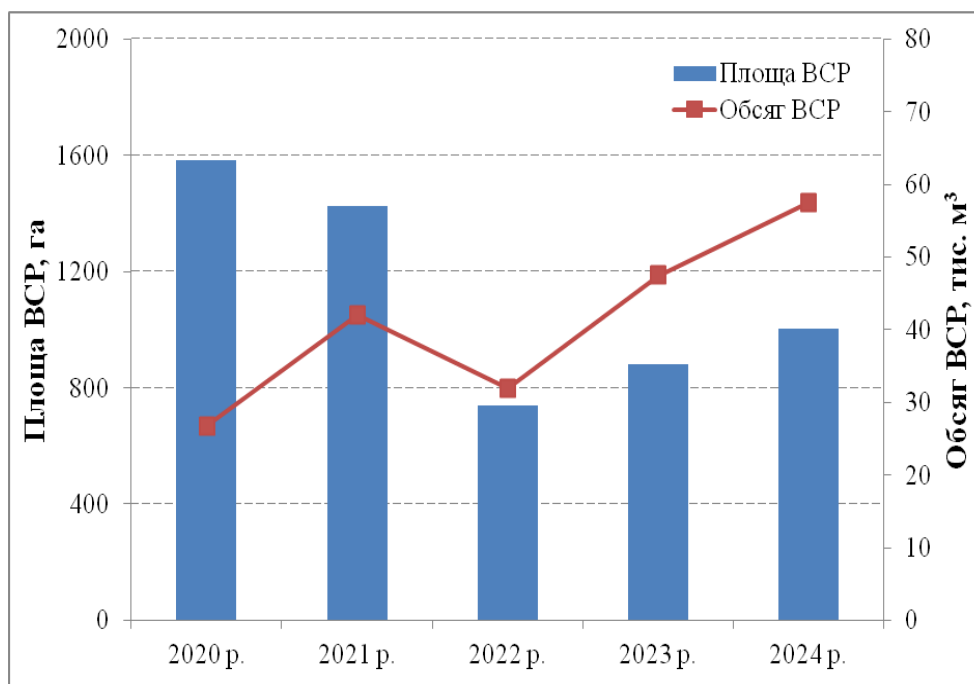


Рис. 7 – Площі та обсяги вибіркового санітарного рубки (ВСП) у лісостанах Брустуранського надлісництва (2020–2024 рр.)

Fig. 7 – Areas and volumes of selective sanitary thinning in the forest stands of the Brustury Forestry Management Unit (2020–2024)

У 2021 р. площа вибіркового санітарного рубки зменшилася до 1 425,0 га, однак обсяг заготовілі зріс до 42,038 тис. м<sup>3</sup>. Це свідчить про посилення ураження деревостанів, коли на менших площах вирубують більшу кількість деревини, що є характерним для формування щільніших осередків всихання або активізації стовбурових шкідників, наприклад, короїдів.

У 2022 р. відбулося стрімке зменшення площ вибіркового санітарного рубки до 740,5 га та одночасне зниження обсягу вирубаного деревини (до 31,860 тис. м<sup>3</sup>), що може свідчити як про тимчасову стабілізацію осередків всихання, так і про зменшення площ найбільш уражених у попередні роки ділянок. Водночас вже у 2023 р. площа вибіркового санітарного рубки знову зросла до 881,6 га, а обсяг збільшився до 47,471 тис. м<sup>3</sup>, що свідчить про нову хвилю погіршення життєвості смеречників або про активізацію осередків шкідників.

У 2024 р. ця тенденція набула ще більш виразного характеру: площа вибіркового санітарного рубки сягнула 1 002,0 га, а обсяг вибирання деревини – максимального значення за весь аналізований період (57,429 тис. м<sup>3</sup>). Таке збільшення інтенсивності вибіркового санітарного рубки за зменшення їхніх площ свідчить про поширення осередків всихання та про значну деградацію смеречників.

Аналіз змін обсягів та інтенсивності вибіркового санітарного рубки у високогірних смерекових насадженнях Брустуранського надлісництва дає можливість глибше оцінити характер і масштаб процесів їхньої деградації. У 2020 р. обсяг вибіркового санітарного рубки становив 26,744 тис. м<sup>3</sup> за порівняно невисокої інтенсивності – 16,9 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup>, що свідчить про проведення санітарних заходів на значних площах із порівняно невеликим вилученням деревини з одиниці площі (рис. 8). Така ситуація характерна для початкових стадій всихання, коли ураження має локальний характер.

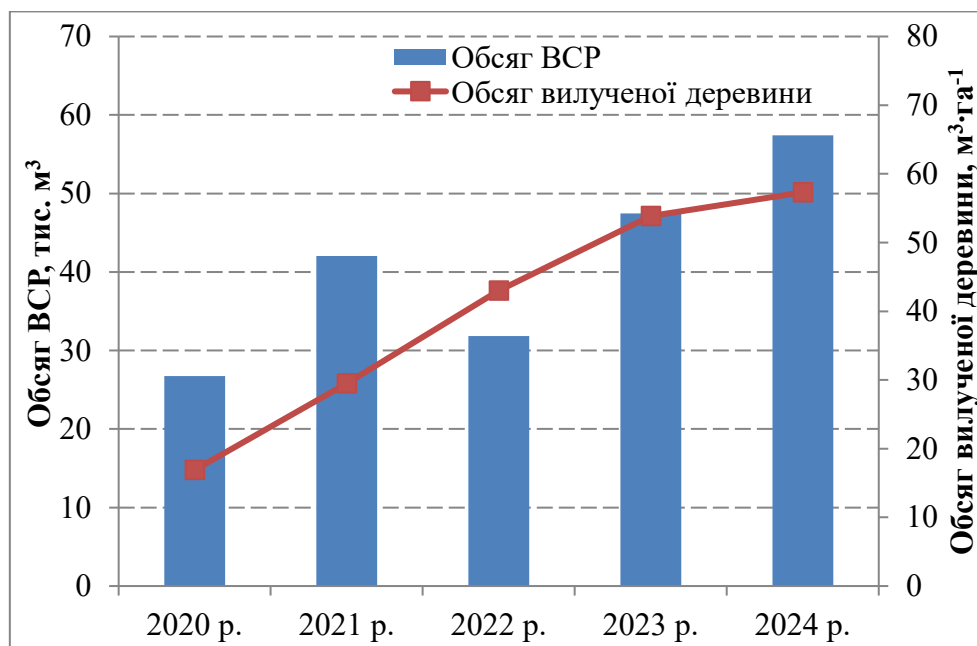


Рис. 8 – Обсяг виленої деревини у лісостанах Брустурянського надлісництва (2020–2024 рр.)  
Fig. 8 – Volume of timber removed in the forest stands of the Brustury Forestry Management Unit (2020–2024)

У 2021 р. відбулося суттєве збільшення обсягів рубок (до 42,038 тис. м<sup>3</sup>) та підвищення обсягу виленої деревини (до 29,5 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup>). Це свідчить про посилення процесів деградації, коли ураження стає більш концентрованим, а частка ушкоджених дерев і дерев, що всихають, у насадженнях зростає.

У 2022 р. відзначено певне зменшення обсягу вибіркового санітарних рубок (до 31,860 тис. м<sup>3</sup>), однак обсяг виленої деревини різко підвищився (до 43,0 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup>), що свідчить про подальшу концентрацію осередків всихання та необхідність вилучення значної частини пошкодженої деревини на обмеженій площі.

У 2023 р. відбулося подальше збільшення як обсягу рубок (47,471 тис. м<sup>3</sup>), так і обсягу виленої деревини (53,8 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup>), що свідчить про посилення деградації насаджень та активізацію патологічних процесів. У 2024 р. ці показники сягнули максимальних значень за аналізований період – 57,429 тис. м<sup>3</sup> та 57,3 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup> відповідно.

На наш погляд, одним із індикаторів стабілізації стану смеречників в останні роки є зменшення масштабів застосування суцільних санітарних рубок. Так, у 2020 р. зафіксовано максимальні значення: площа суцільних санітарних рубок становила 382,2 га, обсяг виленої в процесі рубки деревини – 113,260 тис. м<sup>3</sup> (рис. 9). Це свідчить про критичний стан частини насаджень, що втратили біологічну стійкість і потребували повного вилучення. Така ситуація є характерною для періодів масового всихання, коли формуються значні за площею осередки суцільного відпаду.

У 2021 р. відбулося різке зменшення площ суцільних санітарних рубок до 119,1 га та обсягу вирубаного деревини до 36,166 тис. м<sup>3</sup>, що свідчить про суттєве зменшення площ критично ушкоджених насаджень. У 2022 р. ця тенденція тривала: площа зменшилася до 31,7 га, а обсяг – до 10,7 тис. м<sup>3</sup>, що, на нашу думку, свідчить про ефективність попередніх санітарних заходів і покращення стану смеречників у цей період.

Мінімальні показники зафіксовано у 2023 р., коли площа суцільних санітарних рубок становила лише 6,4 га, а їхній обсяг – 1,832 тис. м<sup>3</sup>. Це свідчить про майже повну відсутність потреби в проведенні суцільних санітарних рубок і може бути ознакою тимчасової стабілізації санітарного стану смеречкових насаджень. Водночас у 2024 р. відзначено певне збільшення

показників – до 32,0 га та 10,368 тис. м<sup>3</sup> відповідно, що може свідчити про локальне відновлення осередків суцільного всихання або про прояв відкладених ефектів процесів деградації.

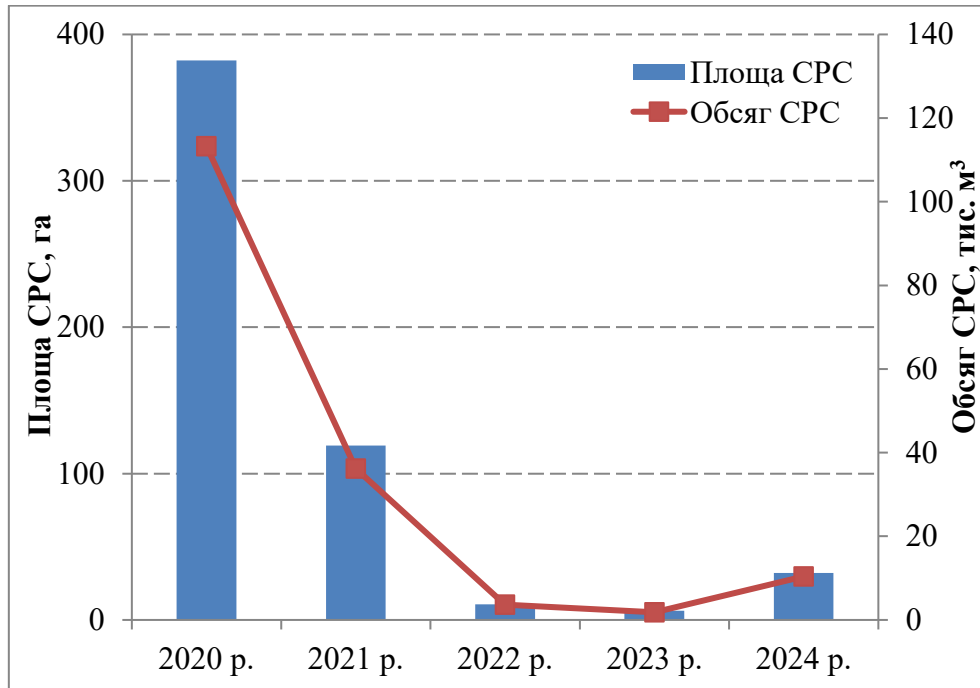


Рис. 9 – Площі суцільних санітарних рубок (СРС) у лісостанах Брустурянського надлісництва (2020–2024 рр.)

Fig. 9 – Areas of clear-cutting in the forest stands of the Brustury Forestry Management Unit (2020–2024)

На нашу думку, прикметним маркером, який відображає якісну структуру деревостанів, є частка ділової деревини в загальному обсязі вирубаного деревини. Так, найбільш характерним показником у цьому випадку буде частка ділової деревини саме від суцільних санітарних рубок, оскільки цей вид лісогосподарських заходів, хоч і проводиться в деревостанах, що сильно ослаблені та всихають, однак здійснюється шляхом повного видалення дерев на ділянці, без відбору окремих дерев до рубки на санітарній основі. У цьому випадку зміна частки ділової деревини в загальному обсязі вилученої деревини може свідчити про покращення чи погіршення стану насаджень.

Аналіз структури заготовленої деревини під час суцільних санітарних рубок у 2020–2024 рр. свідчить про коливання частки ділової деревини, які відбивають характер пошкодження деревостанів. Виявлено, що у 2020 та 2021 рр. частка ділової деревини була найвищою й становила 70,1 і 72,1 % відповідно (рис. 10). Це свідчить про те, що в насадженнях, де проводили суцільні санітарні рубки, значна частина дерев, незважаючи на необхідність їхнього суцільного вилучення, зберігала високу товарну якість.

Починаючи з 2022 р., відбувалося стрімке зменшення частки ділової деревини до 51,5 %, а в 2023 р. – до мінімального значення (44,0 %). Така тенденція може бути пов'язана з погіршенням санітарного стану лісів, зокрема поширенням осередків всихання, масовим заселенням шкідниками та ураженням патогенами, що призводить до збільшення частки технічно непридатної деревини. Водночас це також може свідчити про проведення суцільних санітарних рубок у більш деградованих й ослаблених насадженнях.

У 2024 р. відзначено певне відновлення показника частки ділової деревини до 51,2 %, що може свідчити про часткову стабілізацію санітарного стану або зміну просторової структури рубок із переходом до ділянок із вищою якістю деревини, що є малоймовірним.

Різке зниження частки ділової деревини, одержаної від суцільних санітарних рубок у 2022–2023 рр., підтверджує посилення процесів деградації смерекових лісів, тоді як його часткове збільшення в 2024 р. можна розглядати як ознаку певної стабілізації.

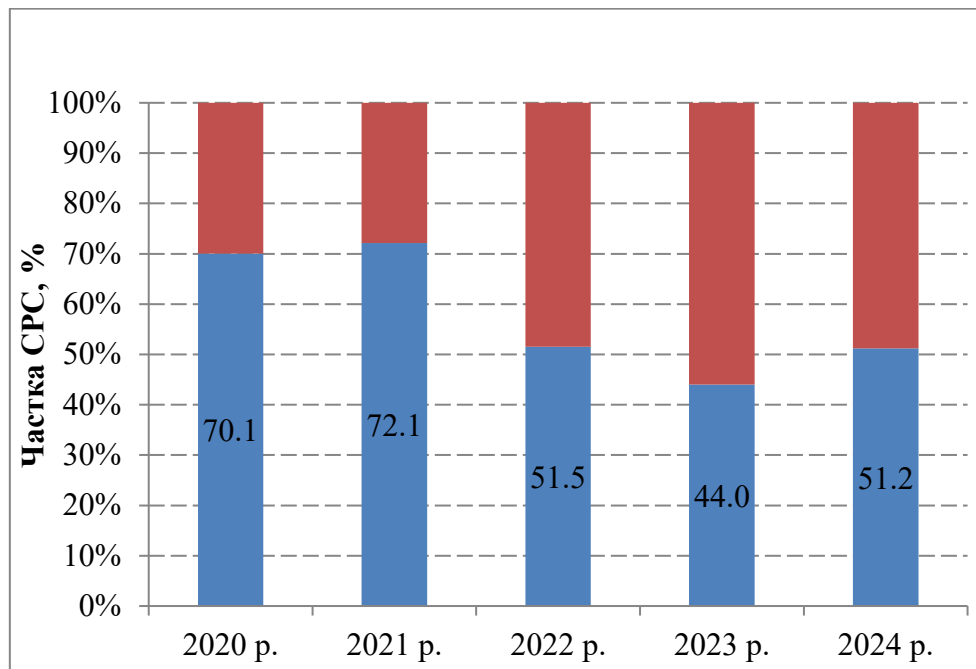


Рис. 10 – Динаміка частки ділової деревини (забарвлено синім кольором) у загальному обсязі вирубанної деревини під час суцільних санітарних рубок (Брустурянське надлісництво, 2020–2024 рр.)

Fig. 10 – Dynamics of the share of commercial wood (blue colour) in the total felled wood from clear sanitary felling (Brustury Forestry Management Unit, 2020–2024)

**Обговорення.** Отримані результати свідчать про модифікацію системи ведення лісового господарства у високогірних смеречниках, що відбиває зміну фаз деградації та часткову стабілізацію стану насаджень. Виявлене у 2020 р. домінування санітарних заходів над рубками догляду відповідає загальновідомим закономірностям розвитку ослаблених хвойних деревостанів, коли у фазі масового всихання пріоритет надають ліквідації осередків пошкодження. Подібні тенденції описано в дослідженнях європейських науковців і зазначено, що в періоди кульмінації спалахів стовбурових шкідників (насамперед короїдів) частка санітарних рубок різко збільшується за рахунок заходів формування деревостанів (Mezei *et al.*, 2017; Fernandez-Carrillo *et al.*, 2020; Pietzsch *et al.*, 2021).

Поступове вирівнювання площ рубок догляду та санітарних заходів у 2021–2022 рр. і подальше переважання рубок догляду у 2024 р. узгоджується з результатами досліджень динаміки деградації ялинових лісів Карпат, в яких відзначено перехід від стадії масового відпаду до стадії постдеградаційної стабілізації (Zeinalian, 2021; Olijnyk and Pavuk, 2024). Така зміна структури лісгосподарських заходів свідчить про зменшення інтенсивності первинних деструктивних чинників (посухи, біотичних ушкоджень) та підвищення ролі активного формування насаджень. Водночас встановлена тенденція підтверджує, що навіть у фазі стабілізації значна частина рубок догляду виконує санітарні функції, що відповідає концепції «санітарної основи рубок догляду».

Збільшення площ, обсягів та інтенсивності рубок догляду, особливо у 2023–2024 рр., свідчить про інтенсифікацію лісгосподарського впливу та відновлення системного ведення господарства. Стабілізація обсягу вилученої деревини на рівні 43–45 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup> відповідає рекомендованим параметрам для середньовікових і пристиглих хвойних насаджень, що підтверджується як вітчизняними нормативами (*Rules for improving the quality of forests*, 2007),

так і європейською практикою (Pukkala *et al.*, 2014). Вищі темпи зростання обсягів, порівнюючи з площами рубок, свідчать про зміщення акценту у біквилучення дерев більшого діаметра, що є характерним для прохідних рубок і говорить про структурну перебудову деревостанів.

Домінування прохідних рубок у структурі доглядів підкреслює найбільшу уразливість до кліматичних і біотичних стресів саме середньовікових і пристиглих смеречників. Великий обсягвилученої деревини від цих рубок (понад 50 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup>) свідчить про суттєве ослаблення деревостанів. Водночас порівняно низькі обсяги освітлень і прочищень підтверджують загальну проблему недостатньої уваги до молодняків, що можна розглядати як один із факторів формування нестійких одновікових насаджень у майбутньому.

Хвилеподібна динаміка вибіркового санітарного рубок із одночасним зменшенням площ і збільшенням інтенсивності у 2022–2024 рр. відповідає закономірностям розвитку осередків всихання, описаним у працях щодо поширення осередків короїдів у хвойних лісах Європи (Hlásny *et al.*, 2017). Це свідчить про перехід від розсіяного до більш концентрованого типу ураження, коли патологічні процеси локалізуються у порівняно обмежених ділянках, але характеризуються високою інтенсивністю. Таке явище, зазвичай, пов'язане з вторинною хвилею ослаблення деревостанів, зумовленою поєднанням кліматичних стресів і біотичних чинників.

Різке зменшення площ суцільних санітарних рубок після 2020 р. та їхні мінімальні обсяги у 2023 р. підтверджують ефективність проведених санітарних заходів і відповідають результатам досліджень, які свідчать, що своєчасневилучення сильно ушкоджених деревостанів дає змогу обмежити поширення деградаційних процесів (Pietzsch *et al.*, 2021). Водночас часткове збільшення цих показників у 2024 р. свідчить про збереження ризиків повторного формування осередків суцільного відпаду, що є типовим для нестійких смеречкових екосистем у змінюваних кліматичних умовах.

Динаміка частки ділової деревини під час суцільних санітарних рубок є важливим якісним індикатором стану насаджень і узгоджується з висновками інших дослідників щодо зниження товарної структури деревини в умовах прогресування деградації (Toth *et al.*, 2020). Високі значення частки ділової деревини у 2020–2021 рр. свідчать про початкові стадії всихання, коли значна частина дерев ще зберігає технічну придатність. Подальше різке зниження показника у 2022–2023 рр. відбиває поглиблення патологічних процесів, зокрема розвиток гнилей і масове ураження шкідниками. Часткове збільшення частки ділової деревини у 2024 р. може бути пов'язане як із певною стабілізацією стану насаджень, так і зі зміною розміщення об'єктів рубок у просторі.

Таким чином, отримані результати узгоджуються із сучасними уявленнями про динаміку деградації ялинових лісів у Карпатському регіоні та Центральній Європі і підтверджують, що показники рубок догляду та санітарних заходів можна розглядати як індикатори стану лісових екосистем (Duka *et al.*, 2025). Виявлені закономірності свідчать про перехід від гострої фази деградації до відносної стабілізації, однак збереження високої інтенсивності вибіркового санітарного рубок і варіабельність якісних показників вирубанної деревини демонструють необхідність подальшого впровадження адаптивних підходів до ведення лісового господарства з урахуванням кліматичних змін і біологічної стійкості смеречників.

**Висновки.** У високогірних смеречниках Брустурянського надлісництва в Українських Карпатах відбувся перехід від кризового стану з домінуванням санітарних заходів до поступової стабілізації, що виявилось у вирівнюванні, а згодом і переважанні площ рубок догляду над санітарними рубками у 2024 р.

Збільшення площ, обсягів та інтенсивності рубок догляду, особливо в 2023–2024 рр., свідчить про відновлення системного ведення лісового господарства та про переорієнтацію заходів із ліквідації наслідків масової деградації на процеси формування ялинових деревостанів.

Домінування прохідних рубок у системі рубок догляду та їхня висока інтенсивність свідчать про переважання у віковій структурі лісового фонду надлісництва смеречників відповідного віку (середньовікових і пристиглих), які зазнали найбільшого впливу процесів деградації та потребують активного регулювання структури.

Динаміка показників вибіркових санітарних рубок демонструє хвилеподібний характер всихання смеречкових насаджень: зменшення площ за одночасного зростання обсягів та інтенсивності рубок у 2022–2024 рр. свідчить про концентрацію осередків всихання та про посилення патологічних процесів.

Зменшення обсягів суцільних санітарних рубок у 2024 р. свідчить про локальну стабілізацію стану насаджень, однак загальна варіабельність показників підтверджує збереження низького рівня стійкості смеречників і необхідність подальшого адаптивного господарювання в них.

## ПОСИЛАННЯ–REFERENCES

- Duka, A., Franjević, M., Tomljanović, K., Popović, M., Ugarković, D., Teslak, K., Barčić, D., Žagar, K., Palatinuš, K. and Papa, I. (2025) 'A decade of sanitary fellings followed by climate extremes in Croatian Managed Forests', *Land*, 14(4), 766. <https://doi.org/10.3390/land14040766>
- Fernandez-Carrillo, A., Patočka, Z., Dobrovolný, L., Franco-Nieto, A. and Revilla-Romero, B. (2020) 'Monitoring bark beetle forest damage in Central Europe. A remote sensing approach validated with field data', *Remote Sensing*, 12(21), 3634. <https://doi.org/10.3390/rs12213634>
- Goroshko, M.P., Myklush, S.I. and Khomyuk, P.G. (2004) *Biometrics: a textbook*. Lviv: Kamula (in Ukrainian).
- Hlásny, T., Turčáni, M. and Konôpka, B. (2017) 'Bark beetle outbreaks in Norway spruce forests of Central Europe: A review of causes, impacts and management strategies', *Forest Ecology and Management*, 396, pp. 47–67. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.03.056>
- Hroššo, B., Mezei, P., Potterf, M., Majdák, A., Blaženec, M., Korolyova, N. and Jakuš R. (2020) 'Drivers of spruce bark beetle (*Ips typographus*) infestations on downed trees after severe windthrow', *Forests*, 11 (12), 1290. <https://doi.org/10.3390/f11121290>
- Jakuš, R., Edwards-Jonášová, M., Cudlín, P., Blaženec, M., Ježík, M., Havlíček, F. and Moravec, I. (2011) 'Characteristics of Norway spruce trees (*Picea abies*) surviving a spruce bark beetle (*Ips typographus* L.) outbreak', *Trees*, 25, pp. 965–973. <https://doi.org/10.1007/s00468-011-0571-9>
- Kramarets, V.O. and Matsyakh, I.V. (2018) 'The role of biotic factors in spruce decline in the Ukrainian Carpathians', *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 17, pp. 121–132 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.15421/411827>
- Kravchynskiy, R., Khilchevskiy, V., Korchemlyuk, M., Zabokrytska, M., Stefurak, O. and Belmega, I. (2024) 'The role of hydrological factors in the die-back of the European spruce in the territory of the Southeast Carpathians', *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University. Series: Geology. Geography. Ecology*, 61, pp. 212–222. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-61-17>
- Kukina, O. M. and Zinchenko, O. V. (2020) 'State of the bark beetle (*Ips typographus* L.) outbreak foci in different regions of Ukraine', *Forestry and Forest Melioration*, 137, pp. 120–126 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.33220/1026-3365.137.2020.120>
- Lavnyy, V. and Pelyukh, O. (2019) 'Distribution and analysis of the state of secondary spruce stands in the Ukrainian Carpathians', *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 19, pp. 60–67 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.15421/411927>
- Lavnyy, V., Khomiuk, P., Gusti, M., Havryliuk, S., Korol, M., Matusevych, O., Savchyn, V., Vonderach, C., Kahle, H.-P. (2025) 'Changes in the extent and structure of Norway spruce stands in the Ukrainian Carpathians based on forest survey data from 1988 to 2018', *Central European Forestry Journal*, 71(3), pp. 224–235. <https://doi.org/10.2478/forj-2025-0004>
- Mezei, P., Blaženec, M., Grodzki, W., Škvarenina, J. and Jakuš, R. (2017) 'Influence of different forest protection strategies on spruce tree mortality during a bark beetle outbreak', *Annals of Forest Science*, 74, 65. <https://doi.org/10.1007/s13595-017-0663-9>
- Michalková, V., Krascsenitsová, E. and Kozánek, M. (2012) 'On the pathogens of the spruce bark beetle *Ips typographus* (Coleoptera: Scolytinae) in the Western Carpathians', *Biologia*, 67, pp. 217–221. <https://doi.org/10.2478/s11756-011-0154-7>
- Olijnyk, V.S., and Pavuk, M.M. (2024) 'Harmful exogenous processes in the forests of the Ukrainian Carpathians', *Scientific Bulletin of UNFU*, 34(5), pp. 35–40 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.36930/40340505>

- Pietzsch, B.W., Peter, F.J. and Berger, U. (2021) 'The effect of sanitation felling on the spread of the European spruce bark beetle – an individual-based modeling approach'. *Frontiers in Forests and Global Change*, 4, 704930. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2021.704930>
- Popa, A., van der Maaten-Theunissen, M., Popa, I., Badea, O. and van der Maaten, E. (2024) 'Spruce suffers most from drought at low elevations in the Carpathians, though shows high resilience', *Forest Ecology and Management*, 571, 122201. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2024.122201>
- Pukkala, T., Lähde, E. and Laiho, O. (2014) 'Optimizing any-aged management of mixed boreal forest under residual basal area constraints', *Journal of Forestry Research*, 25, pp. 627–636. <https://doi.org/10.1007/s11676-014-0501-y>
- Rules for improving the quality of forests* (2007). Approved by the Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine No 724 dated 12 May 2007. Kyiv. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/724-2007-%D0%BF#Text> (Accessed: 17 March 2026) (in Ukrainian).
- Shparyk, Yu.S. (2019) 'Empirical approaches to forecasting area and wood volume of spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) forests in the Ukrainian Carpathians', *Scientific Bulletin of UNFU*, 29(3), pp. 18–22. (in Ukrainian). <https://doi.org/10.15421/40290303>
- Shparyk, Y.S. and Parpan, T.V. (2020) 'Trends of spruce forests' decline in the Ukrainian Carpathians: Case study in the wet mezotrophic common beech – silver fir – Norway spruce forest type', *Forestry and Forest Melioration*, 136, pp. 37–45 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.33220/1026-3365.136.2020.37>
- Shparyk, Y., Krynytskyi, H., and Debryniuk, I. (2020) 'Trends of dynamics in the site conditions types and species composition of the forest stands in the Ukrainian Carpathians caused by climate changes', *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 20, pp. 82–92 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.15421/412008>
- Shvidenko, A., Buksha, I., Krakovska, S. and Lakyda, P. (2017) 'Vulnerability of Ukrainian forests to climate change', *Sustainability*, 9 (7), 1152. <https://doi.org/10.3390/su9071152>
- Toth, D., Maitah, M., Maitah, K. and Jarolínová, V. (2020) 'The Impacts of calamity logging on the development of spruce wood prices in Czech forestry', *Forests*, 11 (3), 283. <https://doi.org/10.3390/f11030283>
- Trubin, A., Mezei, P., Zabihi, K., Surový, P. and Jakuš, R. (2022) 'Northernmost European spruce bark beetle *Ips typographus* outbreak: Modelling tree mortality using remote sensing and climate data', *Forest Ecology and Management*, 505, 119829. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119829>
- Zeinalian, A.M. (2021) 'Structural changes of declining Norway spruce (*Picea abies* (L.) H. Karst.) forests in the Gorgany Mountains', *Scientific Bulletin of UNFU*, 31(6), pp. 35–40. (in Ukrainian). <https://doi.org/10.36930/40310604>

#### FELLINGS AS AN INDICATOR OF THE CONDITION OF HIGH-MOUNTAIN NORWAY SPRUCE FORESTS OF THE UKRAINIAN CARPATHIAN MOUNTAINS

Novak, A. A.,<sup>1</sup> Klymenko O. M.<sup>2\*</sup>, Kopyi S. L.<sup>3</sup>

This study examines temporal patterns in the volume and intensity of thinnings and sanitation fellings in declining high-mountain Norway spruce (*Picea abies* (L.) H.Karst.) stands within the Brustury Forest District over the period of 2020–2024. The authors paid particular attention to the relative prevalence of tending operations and sanitary interventions, as well as to associated harvesting volumes and felling intensity. Thinnings are found to display broadly stable intensity, with only minor interannual variation, whereas selective sanitary fellings show a discernible increase in harvested volumes, accompanied by a gradual rise in intensity. The proportion of merchantable timber within the total assortments derived from clear sanitary fellings is further analysed as an indirect indicator of silvicultural interventions, management effectiveness and stand condition. The analysis demonstrates a consistent and progressive decline in the share of merchantable timber within the total standing volume harvested through clear sanitary fellings over the study period. Taken together, these findings support the use of felling-related metrics as indicative proxies for assessing forest condition and vitality. They also underscore the value of their systematic application in identifying degradation processes in spruce forests and in informing evidence-based forest management strategies.

**К е y w o r d s :** *Picea abies*, dieback, forest health, thinning and sanitation felling, felling intensity.

Дата надходження рукопису 02.04.2026

Дата прийняття до друку

Дата публікації 29.05.2026

<sup>1</sup> Novak Anatolii, PhD (Agricultural Sciences), Associate Professor, Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynyk Street, Lviv, 79057, Ukraine, E-mail: [novak@nltu.edu.ua](mailto:novak@nltu.edu.ua), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1239-7423>

<sup>2</sup> Klymenko Oleksandr, Dr. habil. (Agricultural Sciences), Professor, National University of Water and Environmental Engineering, 11 Soborna Street, Rivne, 33000, Ukraine, E-mail: [o.m.klymenko@nuwm.edu.ua](mailto:o.m.klymenko@nuwm.edu.ua), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2047-8824>

<sup>3</sup> Kopyi Serhiy, PhD (Agricultural Sciences), Associate Professor, Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynyk Street, Lviv, 79057, Ukraine, E-mail: [s.kopyi@nltu.edu.ua](mailto:s.kopyi@nltu.edu.ua), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7322-7244>

\*Correspondence: [o.m.klymenko@nuwm.edu.ua](mailto:o.m.klymenko@nuwm.edu.ua)