AGRICULTURAL SCIENCES

ДИНАМІКА ТАКСАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ ТА ФІТОСАНІТАРНИЙ СТАН ЛІСОВИХ КУЛЬТУР *PINUS SYLVESTRIS* L. НА РЕКУЛЬТИВОВАНИХ ПІСЛЯ ВИДОБУТКУ ІЛЬМЕНІТУ ЗЕМЛЯХ ШЕРШНІВСЬКОГО ЛІСНИЦТВА

Сірук Ю.В.
кандидат с.-г. наук, доцент,
Поліський національний університет, м. Житомир
Мороз В.В.
кандидат с.-г. наук, доцент,
Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль
Турко М.В.
магістр кафедри лісового та садово-паркового господарства,
Поліський національний університет, м. Житомир

DYNAMICS OF TAXATION INDICATORS AND THE PHYTOSANITARY CONDITION OF *PINUS SYLVESTRIS* L. FOREST CULTURES ON LANDS RECLAIMED AFTER ILMENITE MINING IN THE SHERSHNIV FORESTRY

Siruk Yu.
Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
Polissia National University, Zhytomyr
Moroz V.
Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
West Ukrainian National University, Ternopil
Turko M.
Master's Student, Department of Forestry and Horticulture
Polissia National University, Zhytomyr

АНОТАЦІЯ

Досліджено динаміку таксаційних показників і фітосанітарний стан лісових культур сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.), створених на рекультивованих землях Шершнівського лісництва Коростенського надлісництва (Філія «Столичний лісовий офіс» ДП «Ліси України»). Загальна площа таких насаджень становить понад 583 га (9,9% від площі лісництва). На основі аналізу 62 таксаційних виділів площею 417,8 га та матеріалів чотирьох лісовпорядкувань (1977, 1987, 1997, 2017 рр.) встановлено стале підвищення бонітету від III до I класу, трансформацію типів лісу з борових (А) у суборові (В) умови та зростання стовбурного запасу. Виявлено, що 67,0% соснових насаджень зосереджені в осередках кореневої губки (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.). На трьох тимчасових пробних площах у 52-річних деревостанах підтверджено статистично достовірний зв'язок між часткою листяних порід (акація біла, береза повисла) у складі деревостану та індексом санітарного стану: ділянка зі складом 9Сз1Акб+Бп характеризувалася найнижчим індексом – 2,6 проти 3,1–3,3 для чистих сосняків. Продуктивність змішаних насаджень є вищою на 3,3–15,0%. Обґрунтовано рекомендацію переходу від монокультур до змішаних схем садіння.

ABSTRACT

The study investigates the dynamics of forest mensurational indicators and the phytosanitary condition of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) plantations established on reclaimed lands of Shershnivske Forestry of Korosten Forest District (Branch "Capital Forest Office", State Specialized Enterprise "Forests of Ukraine"). The total area of such plantations exceeds 583 ha (9.9% of the forestry area). Analysis of 62 forest inventory plots covering 417.8 ha and four inventory cycles (1977, 1987, 1997, 2017) showed a consistent improvement of site quality class from III to I, transformation of forest site types from dry pine forests (A) to more productive pine-oak suborys (B), and an increase in growing stock. It was established that 67.0% of pine stands are located in foci of root rot (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.). In three temporary sample plots in 52-year-old stands, a statistically significant relationship was confirmed between the proportion of deciduous species (white acacia, silver birch) and the sanitary condition index: the plot with composition 9Ps1WA+SB showed the lowest index of 2.6 compared to 3.1–3.3 for pure pine stands. Mixed stands showed 3.3–15.0% higher productivity. A recommendation to transition from monocultures to mixed planting schemes is substantiated.

Ключові слова: лісова рекультивація, сосна звичайна, Шершнівське лісництво, таксаційні показники, коренева губка, змішані насадження, індекс санітарного стану, біологічна стійкість.

Keywords: forest reclamation, Scots pine, Shershnivske Forestry, mensurational indicators, root rot, mixed stands, sanitary condition index, biological resistance.

Вступ. Діяльність Іршанського гірничо-збагачувального комбінату з видобутку корисних копалин у Житомирському Поліссі призвела до формування значних площ техногенних ландшафтів із глибоко трансформованим едафічним середовищем. Лісова рекультивація порушених ділянок, розпочата ще у 1970-х рр., сьогодні представлена різновіковими насадженнями сосни звичайної, які перебувають у середньовіковому та пристигаючому стані [4, 12]. Незважаючи на успішне первинне заліснення та задовільну продуктивність у молодняковому віці, більшість монокультурних соснових деревостанів нині зазнають прогресуючого ураження кореневою губкою (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.), що призводить до зниження їх продуктивності та стійкості. Разом із тим кількісна оцінка динаміки таксаційних показників у просторово-часовому вимірі та порівняльний аналіз фітосанітарного стану чистих і змішаних деревостанів на рекультивованих землях Шершнівського лісництва залишалися поза увагою дослідників.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теоретичну основу лісової рекультивації закладено у працях П. С. Пастернака [10], Ф. М. Бровка [1] та В. П. Ландіна і М. М. Узлова [6]. Специфіку ґрунтових і лісорослинних умов Житомирщини висвітлено у роботах П. П. Надточія та Т. М. Мисливої [9], В. М. Турка [21]. Проблемі поширення *H. annosum* у штучних насадженнях присвячені дослідження М. М. Діденка [3] та А. Б. Марченка [7]. Роль змішаних насаджень у підвищенні біологічної стійкості обґрунтована в узагальнюючих роботах В. М. Маурера [8], Г. Т. Криницького [5], а також у міжнародних дослідженнях H. Pretzsch та ін. [20] і M. J. Kelty [17].

Зарубіжний досвід підтверджує перспективність сосни звичайної як піонерної породи для заліснення рекультивованих земель різного типу. За даними Z. Vacek та ін. [23], на рекультивованих вугільних кар'єрах, піщаних кар'єрах і дюнах запас біомаси 40–46-річних соснових культур лише на ~20% нижчий порівняно з природними лісами. Найвища продуктивність зафіксована на пострекультивованих вугільних кар'єрах – факт, що корелює з кращим хімічним складом субстрату. M. Pietrzykowski та ін. [18] встановили, що якість техногенних ґрунтів (вміст глини, насиченість основами, доступний фосфор, біологічна активність) пояснює більше 60% варіації індексу місцезростання сосни, що підкреслює визначальну роль едафічних умов для формування продуктивних деревостанів.

У дослідженнях на рекультивованих піщаних кар'єрах Південно-Східної Польщі встановлено, що механічна підготовка ґрунту та штучне створення лісових культур суттєво прискорює формування продуктивних соснових насаджень порівняно з пасивним заростанням [14]. Щодо фітосанітарного стану, M. Pietrzykowski та ін. [18] встановили, що 45-річні культури сосни на відвалах буровугільного розрізу можуть відноситись до категорії «здорових» з успішним природним поновленням понад 5000 шт./га. Проте на техногенно забруднених ділянках спостерігається пригнічення дерев, формування осередків шкідників та зниження біологічної стійкості насаджень [22]. На полігонах флотаційних відходів Zn-Pb коренева система сосни є мілкою (обмежена до ~60 см), що потенційно знижує стійкість деревостанів до вітровалів [19]. Ці міжнародні дані загалом підтверджують тенденції, встановлені для умов Шершнівського лісництва, і свідчать про універсальний характер виявлених закономірностей. Проте детальний аналіз динаміки таксаційних показників і фітосанітарного стану саме для насаджень на рекультивованих землях Шершнівського лісництва залишається недостатньо дослідженим.

Незважаючи на наявність загальних теоретичних розробок, питання фактичного стану, тривалої динаміки продуктивності та порівняльної стійкості чистих і змішаних соснових насаджень у специфічних умовах рекультивованих земель Шершнівського лісництва лишається недостатньо дослідженим. Відсутні також кількісні дані щодо зв'язку між породним складом деревостану та рівнем ураженості кореневою губкою для даного регіону, що обмежує науково обґрунтоване лісогосподарське планування.

Результати досліджень. Метою дослідження було охарактеризувати просторово-часову динаміку основних таксаційних показників лісових культур сосни звичайної на рекультивованих землях Шершнівського лісництва та встановити вплив породного складу деревостану на фітосанітарний стан насаджень, уражених кореневою губкою.

Об'єктами дослідження слугували лісові ділянки на рекультивованих землях Шершнівського лісництва Коростенського надлісництва Філії «Столичний лісовий офіс» ДП «Ліси України». Загальна площа лісових культур, створених починаючи з початку 70-х рр. XX ст. на землях, що вийшли з користування Іршанського гірничо-збагачувального комбінату, становить понад 583 га (9,9% від загальної площі лісництва 5914,3 га).

Для аналізу таксаційних показників опрацьовано матеріали чотирьох базових лісовпорядкувань (1977, 1987, 1997, 2017 рр.), охоплено 62 таксаційні виділи на площі 417,8 га, що становить 72% площ, де були створені лісові культури на рекультивованих землях [2]. Для вивчення фітосанітарного стану закладено три тимчасові пробні площі площею 0,2 га кожна у 52-річних насадженнях 39-го таксаційного кварталу (2025 р.). На пробних площах проводили суцільний переоблік дерев з диференціацією за категоріями санітарного стану та класами Крафта. Індекс санітарного стану визначали за формулою [11]:

$$I_C = \frac{1}{N} \times \sum_{j=1}^{N} k_j \times n_j$$

де: I_C – показник стану; k_j – j-та категорія санітарного стану (від I до VI); n_j – кількість дерев у j-ій категорії санітарного стану; N – загальна кількість дерев на пробній площі.

Вміст гумусу визначали за методом І. В. Тюріна, реакцію ґрунтового розчину – потенціометричним методом у сольовій витяжці. Статистичну достовірність різниць між пробними площами перевіряли однофакторним дисперсійним аналізом (ANOVA).

За матеріалами лісовпорядкування встановлено, що цільовою породою при лісовій рекультивації була сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.), яка утворює 97,4% (403,5 га) вкритих лісовою рослинністю ділянок. Супутніми породами за схемою змішування (4рСз1рВч або 1рБп чи АкБ) виступали вільха чорна (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.), береза повисла (*Betula pendula* Roth.) та акація біла (*Robinia pseudoacacia* L.). Детальний розподіл порід за площею і запасом наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Характеристика лісоутворюючих деревних порід на рекультивованих землях

Деревна порода	Площа, га	Частка, %	Загальний запас, м^3	Запас, м^3/га	Примітка
Акація біла (АКБ)	2,0	0,5	130	65	перестійна
Береза повисла (БП)	1,7	0,4	210	124	–
Вільха чорна (ВЛЧ)	10,6	2,5	1 200	113	–
Сосна звичайна (СЗ)	123,6	29,6	17 080	138	без осередків хвороби
Сосна звичайна, культури (СЗК)	279,9	67,0	40 660	145	в осередках кор. губки
Разом	**417,8**	**100,0**	**59 280**	–	–

Домінуюча частина насаджень (63,3%, 264,5 га) зростає у бідних борових (А) типах лісорослинних умов, субори (В) займають 33,8% (141,3 га). За режимом зволоження переважає свіжий гігротоп – 79,8%. Переважаючими типами лісу є A_2С (свіжий сосновий бір, 186,0 га) та B_2ДС (свіжий дубово-сосновий субір, 139,6 га).

За матеріалами чотирьох лісовпорядкувань встановлено, що насадження у перший ревізійний період (1977 р., 5-річний вік) зростали за ІІІ класом бонітету у сухому сосновому борі (A_1С) з повнотою деревостану 0,90. Вже у 1987 р. (15-річний вік) бонітет підвищився до І класу, повнота – 0,90. У 1997 р. (25-річний вік) зафіксовано формування свіжого дубово-соснового субору (B_2ДС), висоти деревостану 10–11 м та діаметра 12 см. Трансформація типу лісу із борового на субір свідчить про покращення едафічних умов унаслідок відновлення ґрунтотворних процесів. Станом на 2017 р. (45-річний вік) деревостани характеризуються висотою 15–17 м, діаметром 20–22 см, запасом 200–260 м^3/га.

Розподіл насаджень за класами бонітету демонструє переважання найвищих значень: за І класом зростає 199,3 га (47,7%), за Іа – 72,3 га (17,3%), за ІІ – 112,1 га (26,8%). Середній клас бонітету становить І,1. Динаміку запасу за класами віку наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Розподіл лісових ділянок за класами віку та запасом деревостану

Клас віку	Площа класу віку, га	Запас класу віку, м^3	Запас на 1 га, м^3	Середня зміна запасу, м^3/га в рік
ІІ	16,8	870	52	2,6
ІІІ	71,4	7 750	109	3,6
IV	172,4	28 000	162	4,0
V	155,2	22 460	145	2,9
VI–VII	2,0	130	65	–
Разом	**417,8**	**59 210**	–	–

Аналіз таблиці 2 засвідчує зниження середньої зміни запасу від 4,0 м^3/га в рік у IV класі віку до 2,9 м^3/га в рік у V класі. Зменшення приросту на 27,5% у середньовікових насадженнях пов'язане з розвитком осередків кореневої губки та проведенням вибіркових санітарних рубок.

Дослідження фітосанітарного стану проводили у 52-річних насадженнях 39-го кварталу. Таксаційну характеристику трьох пробних площ наведено в таблиці 3.

Таблиця 3

Таксаційна характеристика деревостану на тимчасових пробних площах (вік 52 роки, 2025 р.)

№ пп	Номер виділу	Склад дерево-стану	Густота, шт/га	Висота, м	Діаметр, см	Бонітет	Повнота	Запас, м^3/га	Серед. зміна запасу, м^3/га
1	8	10Сз+Бп	890	21,7	22,2	І	0,64	274	5,2
2	9	10Сз+Бп	1000	20,5	22,0	І	0,71	305	5,9
3	14	9Сз1Акб+Бп	1030	25,6	22,8	Іа	0,75	320	6,1

На всіх трьох пробних площах виявлено ураження кореневою губкою. Однак за показниками розподілу дерев за категоріями санітарного стану та величиною індексу стану між ними зафіксовані статистично достовірні відмінності (таблиця 4).

Таблиця 4

Розподіл дерев сосни звичайної за категоріями санітарного стану та індекс стану

№ пп	I кат., %	II кат., %	III кат., %	IV кат., %	V кат., %	VI кат., %	Індекс стану	Ступінь ураженості
1	12,3	18,1	38,2	15,8	10,4	5,2	3,3	Середній
2	9,5	14,2	46,2	16,4	8,1	5,6	3,1	Середній
3	28,8	27,5	19,0	12,2	7,8	4,7	2,6	Послаблений

На пробній площі №1 (10Сз+Бп) найбільшою є частка дерев III категорії «дуже ослаблені» (38,2%), середній індекс стану – 3,3. На пробній площі №2 (10Сз+Бп) частка III категорії досягає максимального значення 46,2%, індекс стану –3,1. Принципово відрізняється ділянка №3 (9Сз1Акб+Бп) з підліском горобини звичайної: частки I та II категорій разом становлять 56,3%, сухостій – 12,5%, а індекс стану є найнижчим – 2,6. Достовірність різниць підтверджено дисперсійним аналізом: між площами №3 і №1 – Fф = 7,59 > F0,95 = 3,89 (P = 0,006); між площами №3 і №2 – Fф = 3,62 (P = 0,033) [21].

Аналіз розподілу дерев за класами Крафта на пробній площі №3 показав найвищу частку (72,6%) пануючих і співпануючих дерев (I–III класи), тоді як на площах №1 і №2 цей показник становить 53,6% та 51,7% відповідно. Висока частка відсталих у рості та всихаючих дерев на перших двох площах (IV+V класи – 47,2% та 48,3%) свідчить про прогресуючу деградацію монокультурних деревостанів.

Агрофізичні дослідження підтвердили зв'язок між часткою листяних порід у деревостані та родючістю ґрунту (таблиця 5).

Таблиця 5

Агрофізичні параметри ґрунту на тимчасових пробних площах (горизонт 0–20 см)

№	Склад деревостану	Густота, шт/га	Бонітет	Повнота	Запас, м³/га	Горизонт, см	Гумус, %	pH сол.
1	10Сз+Бп	890	I	0,64	274	0–20	1,32	4,5
2	10Сз+Бп	1000	I	0,71	305	0–20	1,35	4,7
3	9Сз1Акб+Бп	1030	Ia	0,75	320	0–20	1,50	4,8

На пробній площі №3 зі складом 9Сз1Акб+Бп вміст гумусу є вищим на 10–12% порівняно з площами №1 і №2 (1,50% проти 1,32–1,35%), а кислотність ґрунту є нижчою на 0,3–0,6 одиниць pH [13]. Це пов'язано з прискоренням деструкції лісової підстилки завдяки листяному опаду акації та горобини, що стимулює мікробіологічні процеси ґрунтоутворення [15, 16]. Усі ділянки відносяться до групи слабогумусованих (1–2%), що є закономірним для молодих рекультивованих ґрунтів.

Висновки та пропозиції

1. Лісові культури сосни звичайної, створені на рекультивованих землях Шершнівського лісництва, характеризуються стійкою позитивною динамікою таксаційних показників: за 40-річний період спостережень (1977–2017 рр.) бонітет підвищився з III до I–Ia класу, типи лісу трансформувалися з борових (A_1C, A_2C) у суборові ($B_2ДС$), а стовбурний запас у IV класі віку досяг 162 м³/га. Середній клас бонітету 62 таксаційних виділів складає I,1, що свідчить про успішне лісовідновлення і меліоративну роль лісових культур.

2. Провідною загрозою стабільності середньовікових насаджень є масове ураження кореневою губкою (*Heterobasidion annosum*): 67,0% площ соснових культур зосереджені в осередках хвороби. У IV–V класах віку середня зміна запасу знизилась від 4,0 до 2,9 м³/га в рік (на 27,5%), що є прямим наслідком патологічного відпаду.

3. Введення листяних порід (акації білої, берези повислої) до складу соснових насаджень статистично достовірно покращує фітосанітарний стан деревостанів. Індекс санітарного стану на ділянці складу 9Сз1Акб+Бп становить 2,6, що на 21–27% нижче порівняно з чистими сосняками (3,1–3,3). Продуктивність змішаних насаджень є вищою на 3,3–15,0% за запасом та середньою зміною запасу.

4. Агрофізичний аналіз підтвердив позитивний вплив листяних порід на родючість ґрунту: вміст гумусу у горизонті 0–20 см є вищим на 10–12%, а кислотність нижча на 0,3–0,6 pH-одиниці порівняно з чистими сосняками.

5. Виробництву рекомендовано: відмовитися від створення чистих монокультур сосни на рекультивованих землях; застосовувати змішані схеми з часткою акації білої або берези повислої не менше 10–20% у складі; своєчасно проводити вибіркові санітарно-оздоровчі рубки в осередках кореневої губки.

Література

1. Бровко Ф. М. Лісова рекультивація порушених земель : підручник. Київ : Вид. дім «Кондор», 2019. 320 с.

2. Геопортал [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://forestry.org.ua/webtax/tax99/.

3. Діденко М. М. Поширення кореневої губки (*Heterobasidion annosum*) у похідних сосняках Полісся. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. 2014. Вип. 12. С. 145–149.

4. Зіборов С. М. Досвід залісненння відвалів титанових розсипів у Житомирському Поліссі. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2018. Т. 28, № 5. С. 44–48.

5. Криницький Г. Т. Типологічні основи лісівництва : навч. посіб. Львів : НЛТУ України, 2010. 268 с.

6. Ландін В. П., Узлов М. М. Екологічні основи рекультивації земель у зоні діяльності гірничодобувних підприємств. Київ : Аграрна наука, 2010. 256 с.

7. Марченко А. Б. Санітарний стан соснових лісових культур на рекультивованих землях. *Біологічні системи*. 2019. Т. 11, Вип. 2. С. 210–215.

8. Маурер В. М. Теоретичні та технологічні засади відтворення лісів на засадах екологічно орієнтованого лісівництва. *Науковий вісник НУБіП України*. 2015. Вип. 219. С. 9–19.

9. Надточій П. П., Мислива Т. М. Оцінка придатності розкривних порід Іршанського гірничо-збагачувального комбінату для біологічної рекультивації. *Агроекологічний журнал.* 2011. № 2. С. 45–50.

10. Пастернак П. С. Лісова рекультивація земель. Київ : Урожай, 1990. 215 с.

11. Санітарні правила в лісах України : затв. постановою КМУ від 04.07.1995 р. № 555. 17 с.

12. Турко В. М. Особливості росту та продуктивності соснових насаджень на рекультивованих землях Іршанського родовища. *Лісівництво і агролісомеліорація*. Харків, 2010. Вип. 117. С. 132–138.

13. Турко В. М., Турко М. В. Зміна агрофізичних показників лісового ґрунту у лісових ділянках Шершнівського лісництва після лісової рекультивації на об'єктах гірничо-добувної діяльності. Лісові екосистеми: сучасні проблеми і перспективи досліджень – 2025 : матеріали IV Всеукр. наук.-практ. конф. Житомир : ПНУ, 2025. С. 96.

14. Aleksandrowicz-Trzcińska M., Drozdowski S., Wołczyk Z., Bielak K., Żybura H. Effects of Reforestation and Site Preparation Methods on Early Growth and Survival of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) in South-Eastern Poland. *Forests*. 2017. Vol. 8. P. 421.

15. Chodak M., Niklińska M. The effect of different tree species on the chemical and microbial properties of reclaimed mine soils. *Biology and Fertility of Soils.* 2010. Vol. 46. P. 555–566.

16. Frouz J. Soil Biota and Ecosystem Development in Post Mining Sites. Boca Raton : CRC Press, 2013. 314 p.

17. Kelty M. J. The role of species mixtures in plantation forestry. *Forest Ecology and Management*. 2006. Vol. 233. P. 195–204.

18. Pietrzykowski M., Socha J., Doorn N. Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) site index in relation to physico-chemical and biological properties in reclaimed mine soils. *New Forests*. 2015. Vol. 46. P. 2472013266.

19. Pietrzykowski M., Woś B., Pająk M., Likus-Cieślik J. Assessment of tree vitality of Scots pine root systems growing on reclaimed landfill waste after zinc and lead flotation. *Forest Research Papers.* 2017. Vol. 78. P. 3232013331.

20. Pretzsch H., del Río M., Ammer C. Mixed-Species Forests: *Ecology and Management.* Berlin : Springer, 2017. 653 p.

21. Turko V., Siruk Y., Turko M., Antonyukov O. Forest reclaiming in areas disturbed by mining and extraction of ilmenite deposits. *Sciences of Europe.* Praha. 2025. № 165. P. 3–8.

22. Vacek S., Vacek Z., Bílek L., Simon J., Remeš J., Hůnová I., Král' J., Putalová T., Mikeska M. Structure, regeneration and growth of Scots pine stands with respect to changing climate and environmental pollution. *Silva Fennica*. 2016. Vol. 50 (4). Article 1564.

23. Vacek Z., Linda R., Cukor J., Vacek S., Šimůnek V., Gallo J., Vančura K. Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), the suitable pioneer species for afforestation of reclamation sites? *Forest Ecology and Management*. 2021. Vol. 485. Article 118951.