



Розглянуто зміну продуктивності деревостанів основних лісоутворювальних порід Східного Полісся України. Продуктивність деревостанів аналізували за їхньою найціннішою продукцією – стовбурною деревиною. На підставі тривалих стаціонарних досліджень на постійних пробних площах визначено показники зміни запасу, відпаду, періодичного приросту за запасом деревостанів. Високі показники періодичного приросту за запасом виявлено в середньовікових деревостанах. У 44-річному сосняку свіжого сугрудуватого дубово-соснового субору відносно повнотою 0,87 поточний середній періодичний приріст за запасом за кожен п'ятирічний період упродовж 2008–2022 рр. становив 9,7–19,5 м³га⁻¹ стовбурної деревини, із нього відпад – 2,8–9,4 м³га⁻¹ (25–48 %). Наявний запас деревостанів, запас відпаду та обсяг вилученої деревини під час проведення рубок слід враховувати для визначення загальної продуктивності лісів. Ступінь використання приросту за запасом деревостанів у регіоні можливо збільшити до 60–70 % шляхом використання запасу відпаду та оптимізації лісокористування. Визначення особливостей динаміки продуктивності деревостанів забезпечить можливість добору заходів щодо підвищення продуктивності й посилення середовищевірних функцій лісів, збереження їхньої біотичної стійкості.

Ключові слова: зміна запасу, відпад, приріст, клас бонітету, тип лісу.

Вступ. Одним із основних відновлювальних природних ресурсів України є ліси, які надають різноманітні та важливі для існування людства екосистемні послуги (ЕП) (Di Cori et al. 2022). В останні десятиріччя згідно з політикою Європейського Союзу, спрямованою на адаптування до зміни клімату (Böhling & Marques Todeschini 2021, Lier et al. 2022), збільшується еколого-економічна значущість саме ЕП лісів (Bontemps 2021, Yao et al. 2021, Zhezkun 2021b). Неринкова вартість ЕП може перевершувати прибуток від реалізації деревини у 4–12 разів і більше (Yao et al. 2021). У складі матеріальних ресурсів лісу найбільшу частку становить деревина.

У лісівничій науці й практиці продуктивність лісостанів як основного матеріального ресурсу визначається сумарною кількістю фітомаси всіх морфологічних частин деревостану певного віку з урахуванням підросту, підліску та живого надґрунтового покриву (Forestry. Terms and definitions 1997). Панівну частину фітомаси (95 % і більше) становить органічна маса деревостану, а решту 5 % – нижні яруси рослинності (Melehov 1980). Стовбурова деревина становить понад 2/3 органічної маси деревостану (Lakyda 2001, Shvydenko & Ostapenko 2001), тобто є основною частиною біологічної продуктивності лісу.

Ліси у світі за певної продуктивності географічно розміщені дуже нерівномірно. Так, європейські ліси поширені на площі 215 млн. га (5,4 % площі світових лісів) і мають запас деревини 35 млрд. м³ (6,5 % світових лісових запасів), тобто є продуктивнішими, ніж у середньому у світі (Bontemps 2021). За останні десятиріччя площа і запас лісів (відповідно, і біологічна продуктивність) у Європі збільшилися, на відміну від регіонів із зворотною тенденцією (зокрема Китаю та Індії).

Сучасний рівень лісокористування в Україні та інших країнах не дає змоги повною мірою використовувати всю органічну масу деревостану. Хоча найбільшу товарну цінність має стовбурна деревина, останніми роками збільшується використання інших компонентів фітомаси: верхівок, гілок дерев, кори, підліску тощо (Fuchilo et al. 2016, Di Cori et al. 2022). Водночас існує думка, що коріння, тонкі гілки, хвоя та листя мають залишатися на лісових ділянках для збереження й підвищення родючості лісових ґрунтів (Bessaad et al. 2021).

Запаси стовбурної деревини становлять фактичну продуктивність деревостану (Turkevich et al. 1973, Turkevich 1977, Siryk et al. 1991, Vedmid & Zhezhkun, 2014). Більшість дослідників для дослідження продуктивності використовують наявний запас деревостанів певних порід без урахування відпаду. Подібна тенденція наявна під час порівняння

за матеріалами лісовпорядкування фактичної продуктивності деревостанів із природною (Vorobyov 1959) або потенційною (Turkevich et al. 1973, Ostapenko & Tkach 2002, Vedmid & Gavrilov 2004, Tkach et al. 2018). Величини середнього запасу на 1 га змінюються внаслідок зміни площі вкритих лісовою рослинністю земель, вікової структури деревостанів та участі деревних порід у складі мішаних деревостанів (Vasiliev 1962, Toïgo et al. 2022).

Продуктивність деревостанів тісно пов'язана з їхнім приростом. Водночас у таксаційних описах лісостанів за окомірної оцінки лісовпорядкування надає лише запаси деревини живих дерев і наявної відмерлої деревини, а загальний приріст і поточний відпад за певний період не визначають. Такі дані можна отримати тільки в результаті тривалих стаціонарних досліджень на пробних площах. Оцінювання зміни таксаційних показників деревостанів за певний часовий період даватиме можливість виконати добір заходів щодо підвищення продуктивності за умови збереження біотичної стійкості й довговічності, виконання захисних та середовищотвірних функцій лісостанів (Forest Code of Ukraine 1994). Визначення динаміки продуктивності лісів дасть змогу оптимізувати лісокористування, визначити обсяги лісовідновлення, прогнозувати ріст і розвиток деревостанів (Turkevich 1977). Динаміку продуктивності деревостанів у Східному Поліссі України у минулі роки не досліджували, що визначає наукову новизну та актуальність досліджень.

Метою роботи було визначення зміни продуктивності деревостанів лісоутворювальних порід у Східному Поліссі України на прикладі ДП «Новгород-Сіверська ЛНДС».

Матеріали й методи. Східне (Лівобережне) Полісся знаходиться у східно-північній частині України і поділяється на дві фізико-географічні області: Чернігівське Полісся та Новгород-Сіверське Полісся (Porov et al. 1968). У лісовому фонді державних лісогосподарських підприємств Східного Полісся станом на 01.01.2012 (загальна площа – 486,9 тис. га) лісові землі становили 95,8 %, вкриті лісовою рослинністю землі – 89,9 %. До лісів I категорії належать 15,5 %, II категорії – 16,5 %, III категорії – 10,1 %, IV категорії – 57,9 %. За видовим складом переважають соснові (66,4 % вкритих лісовою рослинністю земель), дубові (11,3 %) та березові (10,4 %) деревостани. Домінантними типами лісу є свіжий дубово-сосновий суббір (44,8 %), свіжий бір (9,2 %), вологий дубово-сосновий бір (7,8 %), свіжий липово-дубово-сосновий сугруд (6,6 %), свіжий грабово-дубово-сосновий сугруд (5,8 %), вологий грабово-дубово-сосновий сугруд (5,2 %), сирий чорновільховий сугруд (3,9 %). Середній клас бонітету соснових деревостанів – I^a,9, дубових – I,9. Низькопродуктивні (IV і нижчих класів бонітету) сосняки займають лише 0,3 %, дубняки – 2,3 % вкритих лісовою рослинністю земель. Не вкриті лісовою рослинністю землі (6,4 тис. га) представлені переважно зрубамі (70,7 %), частка галявин і реміз – 28,1 %. До нелісових земель (20,3 тис. га) належать болота (59,6 %), сільськогосподарські угіддя (22,5 %), піски (3,4 %) тощо (Zhezhkun 2021a).

Аналіз продуктивності деревостанів здійснювали за їхньою найбільш цінною продукцією – стовбурною деревиною. Продуктивність деревостанів визначали в об'ємних показниках – кубічних метрах. Загальна продуктивність деревостану (P^3) складалася з наявного запасу (M^H), запасу відпаду (M^B), запасу вилученої деревини у процесі проведення рубок формування й оздоровлення лісів ($M^{B.D}$); її визначали за формулою (1):

$$P^3 = M^H + M^B + M^{B.D} \quad (1)$$

Для записів символів таксаційних показників і формул використовували такі джерела: Anuchin 1982, Kashpor & Strochinskiy 2013, Mensuration and Forest Management. The growth of wood in the forest stand. Classification and Notation. Basic calculation formulas. Terms and Definitions. Industry Standard 56-73-84.

Зміну лісівничо-таксаційних показників деревостанів визначали на постійних пробних площах (ППП), які закладали за загальноприйнятими методиками (Anuchin 1982, Forest Inventory Sample Plots 2007) упродовж 2007–2015 рр. у Слобідському дослідному лісництві

ДП «Новгород-Сіверська ЛНДС». Нумерація та опис ППП містяться в базі даних (Zhezhkun 2021a). На деревах позначали фарбою порядковий номер і місце вимірювання діаметра на висоті 1,3 м. У деревостанах штучного походження облік дерев здійснювали в кожному ряду. Для кожного дерева визначали діаметр на висоті 1,3 м, клас Крафта (Shvydenko & Ostapenko 2001) і категорію санітарного стану (Sanitary Forests Regulations in Ukraine 2016). Наступні інвентаризації ППП проводили через 5–7 років (табл. 1).

Таблиця 1

Динаміка лісівничо-таксаційних показників деревостанів на постійних пробних площах

№ ППП, площа, га	Рік обліків	Склад	Вік, років	Середня висота, м	Середній діаметр, см	Відносна повнота	Кількість дерев, штга ⁻¹	Запас, м ³ га ⁻¹	Індекс типу лісу
1-Слб, 0,225	2007	10Сз, од.Клг, Взг,Лпд,Дз	44	21,3	25,4	0,87	834	384,0	В ₂ ^с -дС
	2012	10Сз+Клг,од. Лпд,Взг,Дз	49	22,8	26,5	0,89	791	418,6	
	2017	10Сз+Клг+Лпд,од.Взг,Дз	54	26,3	29,4	0,89	742	489,7	
	2022	10Сз+Лпз+Клг+Взг,од.Дз	59	28,5	32,0	0,95	670	520,6	
14-Слб 0,22	2011	I 9,7Яле0,2Бп0,1Сз,Ос	48	24,8	25,3	0,64	815	459,3	С ₂ ^г -гдС
		II 9,6Лпд0,4Дз	48	16,4	12,3	0,18	337	34,5	
	2016	I 9,9 Яле0,1СзОс	53	25,2	26,7	0,63	737	482,0	
		II 7,7Лпд2,0Бп0,3Дз	53	17,4	14,1	0,18	314	46,1	
	2021	I 9,8Яле0,1Бп0,1Сз,Ос	58	27,2	27,7	0,67	746	545,1	
		II 9,6Лпд0,4Дз	58	19,0	15,0	0,13	255	42,4	
19-Слб 0,11	2015	I 9,1Бп0,1Дз,Сз,Ос,Лпд	22	13,5	10,7	0,77	2100	121,3	С ₂ ^б -гдС
	2022	I 9,9Бп0,1Ос	29	17,4	13,4	0,74	1427	176,1	
		II 9,7Дз0,2Лпд0,1Врк	29	10,4	9,5	0,14	601	13,7	
21-Слб 0,05	2015	5,3Тпг4,7Бп,од.Сз,Врк	6	5,3	4,3	0,15	1360	8,2	С ₂ ^г -Гдс
	2021	8,1Тпг1,9Бп,од.Врк	12	15,0	15,4	0,57	1300	129,8	

Поточний періодичний приріст дерев за діаметром ($Z_d^{п.п.}$) розраховували за різницею діаметра в певному віці (d_a) та діаметра за попередній період (d_{a-n}) за формулою (2):

$$Z_d^{п.п.} = d_a - d_{a-n} \quad (2)$$

Запас деревостанів (M , м³га⁻¹) на ППП оцінювали за матеріалами обліку дерев із використанням нормативно-довідкових матеріалів (Shvydenko et. al. 1987, Kashpor & Strochinskiy 2013). Клас бонітету визначали за середньою висотою, віком та походженням елементу деревостану, а приріст деревостанів – за вимогами (Mensuration and forest management 1984). Зміну запасів деревостанів (Δ_M , м³га⁻¹) розраховували за різницею запасу деревостану у віці A років (M_A , м³га⁻¹) та запасу деревостану n років тому (M_{A-n} , м³га⁻¹) за формулою (3):

$$\Delta_M = M_A - M_{A-n} \quad (3)$$

Рубок лісу на дослідних об'єктах за період досліджень не проводили. Поточний періодичний приріст за запасом деревостанів ($Z_M^{п.п.}$, м³га⁻¹) визначали як суму зміни запасів (Δ_M , м³га⁻¹) і запасу відпаду ($M_n^в$, м³га⁻¹) за певний період (n) за формулою (4):

$$Z_M^{п.п.} = \Delta_M + M_n^в \quad (4)$$

Запас відпаду становив суму об'ємів стовбурів дерев із урахуванням їхнього приросту на час проведення досліджень. Визначали поточний середній періодичний приріст за запасом за кожен період досліджень. Показники приросту деревостанів порівнювали з даними таблиць ходу росту повних деревостанів певних порід (Shvydenko et. al. 1987, Kashpor &

Strochinskiy 2013). Матеріали досліджень обробляли математичними методами із застосуванням програмного забезпечення Microsoft Excel.

На підставі аналізу результатів досліджень рекомендували заходи щодо підвищення продуктивності лісів Східного Полісся.

Результати та обговорення. Результати аналізу матеріалів лісовпорядкування свідчать, що загальний запас деревостанів у лісовому фонді Східного Полісся станом на 01.01.2012 становить 173,1 млн. м³ деревини (Zhezhkun 2021a). Середній запас на 1 га вкритих лісовою рослинністю земель становить 265 м³, а на 1 га лісової площі – 248 м³. Продуктивність лісів оцінювали у межах лісового фонду окремого лісового масиву або адміністративно-господарської одиниці (підприємства), а також окремого деревостану. Продуктивність лісів підприємства залежить від поділу лісового фонду за категоріями лісових і нелісових земель, поділу лісів за категоріями залежно від основних виконуваних ними функцій, наявності особливо захисних лісових ділянок із режимом обмеженого лісокористування, поділу за панівними породами, класами віку, повнотами, типами лісу та класами бонітету, а також рівня інтенсивності ведення лісового господарства.

Продуктивність лісів у регіоні постійно змінюється та за останні роки має тенденцію до збільшення. Зокрема, у ДП «Новгород-Сіверська ЛНДС» (загальна площа лісового фонду – 2101 га) за ревізійний період (2006–2015 рр.) площа вкритих лісовою рослинністю земель збільшилася на 34,9 га (1,8 %), загальний запас деревини збільшився від 501,9 до 582,9 тис. м³ (16,1 %). На підприємстві частка лісів I категорії становить 52,3 %, II – 3,6 %, III – 16,4 %, IV – 27,7 %. Переважають соснові деревостани (73 % від площі), частка дубняків – 12,7 %, березняків – 5,7 %. Домінантні типи лісу – свіжий грабово-дубово-сосновий сугруд (57 %) і свіжий дубово-сосновий субір (26 %). Середній клас бонітету – I^a,5. Ліси підприємства є подібними до лісового фонду регіону досліджень за переважанням частки лісів I категорії та за особливостями ландшафтно-типологічної диференціації.

Продуктивність деревостану залежить від типу лісу, видового складу, походження, віку, повноти, класу бонітету, впливу стихійних природних чинників (пожежі, вітровали, сніголами, шкідники, хвороби). Зокрема, у ДП «Новгород-Сіверська ЛНДС» упродовж 2006–2015 рр. середній запас на 1 га збільшився від 259 до 295 м³ (13,9 %), а запас стиглих і перестиглих деревостанів – від 267 до 294 м³ (10,1 %). Середній вік деревостанів збільшився з 59 до 68 років, а відносна повнота – з 0,66 до 0,67.

На продуктивність деревостанів, де проводять господарські заходи, також впливають способи лісовідновлення (природний, штучний), лісовирощування (класичний, плантаційний), вчасне та високоякісне проведення рубок формування та оздоровлення лісів. Збільшення обсягів рубок головного користування може призводити до зменшення загальних запасів деревостанів підприємств. Зокрема, у ДП «Новгород-Сіверська ЛНДС» унаслідок зростання інтенсивності лісокористування впродовж 2006–2015 рр. середня зміна запасу зменшилася з 9,0 до 8,9 тис. м³, або з 4,4 до 4,3 м³га⁻¹. При цьому не враховано показників відпаду, що зменшує загальну продуктивність.

Показники відпаду можна визначити за таблицями ходу росту повних деревостанів (Shvydenko et al. 1987). Деревину, що належатиме до відпаду у високоповнотних деревостанах, зазвичай вилучають під час проведення рубок догляду, призначених лісовпорядкуванням. Водночас відпад відбувається і в менш зімкнених і низькоповнотних деревостанах. За нашими розрахунками, упродовж 2006–2015 рр. у ДП «Новгород-Сіверська ЛНДС» зміна запасу становила 81,0 тис. м³, вилучено рубками 40,2 тис. м³, відпад становив 29,0 тис. м³, загальний приріст – 150,2 тис. м³ деревини.

Відпад за кількістю дерев є більшим у молодших деревостанах, а за запасом – у старших. У деревостанах стиглого віку показники відпаду можуть збільшуватися, що є, за інших однакових умов, підставою для призначення рубок головного користування. Перед проведенням кінцевого прийому рівномірно-поступових рубок у соснових деревостанах,

розріджених до відносної повноти 0,3–0,4, відпад дерев (від дії сильних вітрів) може збільшуватися.

Чимале нагромадження запасу деревини приросту відбувається в середньовікових деревостанах, що узгоджується з відповідними табличними даними (Shvydenko et. al. 1987; Kashpor & Stochinskiy 2013). У разі панування у складі 44-річного деревостану сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) на ППП 1-Слб, що росте за I^b класом бонітету, упродовж п'яти років відбувається збільшення середньої висоти (на 1,5 м, або на 7 %) та середнього діаметра (на 1,1 см, або на 4,3 %) (див. табл. 1). За наступний п'ятирічний період (2013–2017 рр.) визначено збільшення показників середньої висоти (на 3,5 м, або на 15,3 %) та середнього діаметра (на 2,9 см, або на 10,9 %). Зростання різниці середніх морфометричних показників більше ніж у два рази, порівнюючи з попереднім обліковим періодом, пояснюється збільшенням приросту за діаметром товстих дерев сосни та відпаду дерев менших ступенів товщини.

Розподіл дерев сосни за ступенями товщини (рис. 1) упродовж останніх 15 років свідчить про поступове заміщення тонкомірних дерев товстішими.

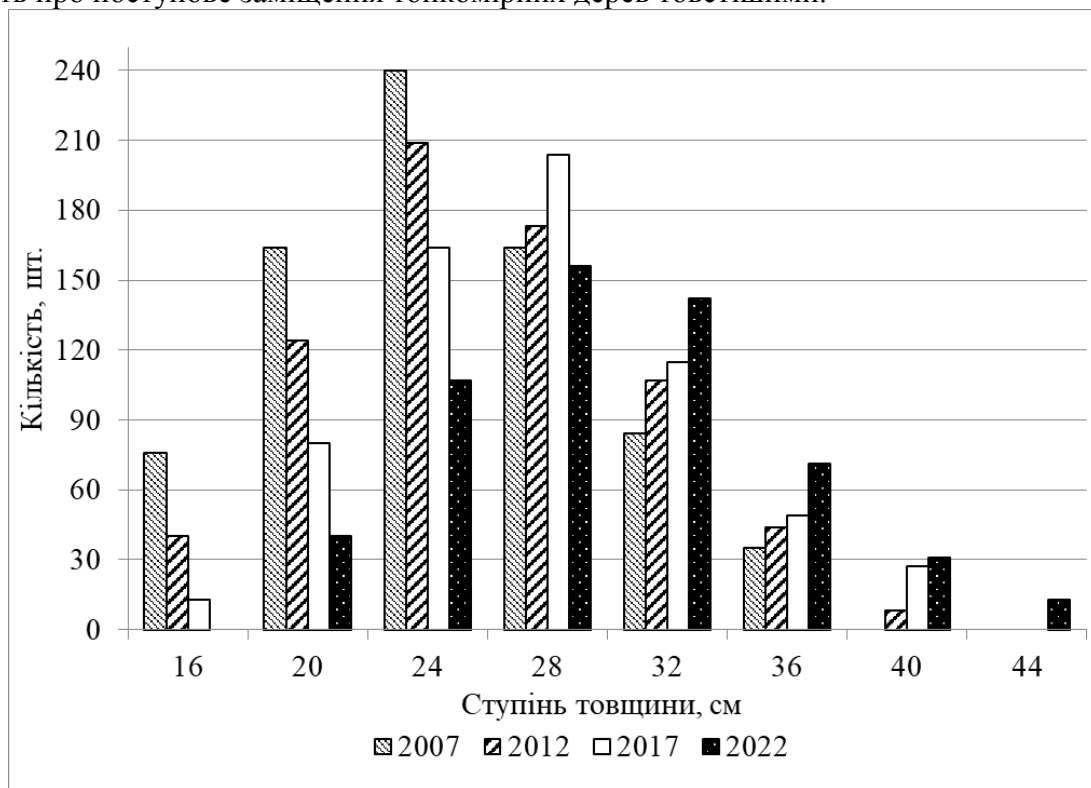


Рис. 1 – Розподіл дерев сосни звичайної за ступенями товщини на ППП 1-Слб

Ряди розподілу дерев характеризуються більшою додатною асиметрією (коефіцієнти асиметрії – 0,12–0,40) та меншою крутістю (коефіцієнти ексцесу – від -0,17 до -0,36). Зміни поточного середнього періодичного приросту дерев за діаметром становили $0,86 \pm 0,069$ см за 2008–2012 рр., $0,90 \pm 0,086$ см за 2013–2017 рр., $1,64 \pm 0,096$ см за 2018–2022 рр., а їхні різниці були неістотними на всіх довірчих інтервалах. Показники поточного середнього періодичного приросту за діаметром дерев сосни мають високу мінливість (коефіцієнти варіації – 58–89 %).

У міру збільшення товщини дерев поточний приріст за діаметром зазвичай збільшується (рис. 2). Зокрема, упродовж 2008–2012 рр. найбільший поточний приріст за діаметром (4,8 см) мало дерево № 153 (діаметр на висоті 1,3 м – 35,0 см, клас Крафта – I), упродовж 2013–2017 рр. – 3,9 см, дерево № 12 (діаметр на висоті 1,3 м – 33,3 см, клас Крафта – I), за 2018–2022 рр. – 3,5 см, дерево № 139 (діаметр на висоті 1,3 м – 40,6 см, клас Крафта – I). Найменші показники поточного середнього періодичного приросту за діаметром мали тонші

дерева діаметром 14–20 см (III–V^a класи Крафта). Ці тонші дерева формували основну кількість дерев відпаду. Відмирання дерев сосни та утворення сухостою відбувалося внаслідок конкуренції із сусідніми товщими деревами, а вітровальних – унаслідок буревіїв 2010 та 2022 рр. Проте навіть деякі товстіші дерева діаметром 24 см і більші також мали низькі значення періодичного приросту (0,1–0,2 см), що пояснюється їхньою внутрішньовидовою мінливістю. Деякі товстіші дерева сосни можуть відмирати у середньовікових деревостанах, збільшуючи відпад. Загалом відмерлі сухостійні дерева мали періодичні прирости за п’ятирічні періоди від 0 до 0,4 см. Дерева, що належали до відпаду, мали також низький поточний приріст за висотою.

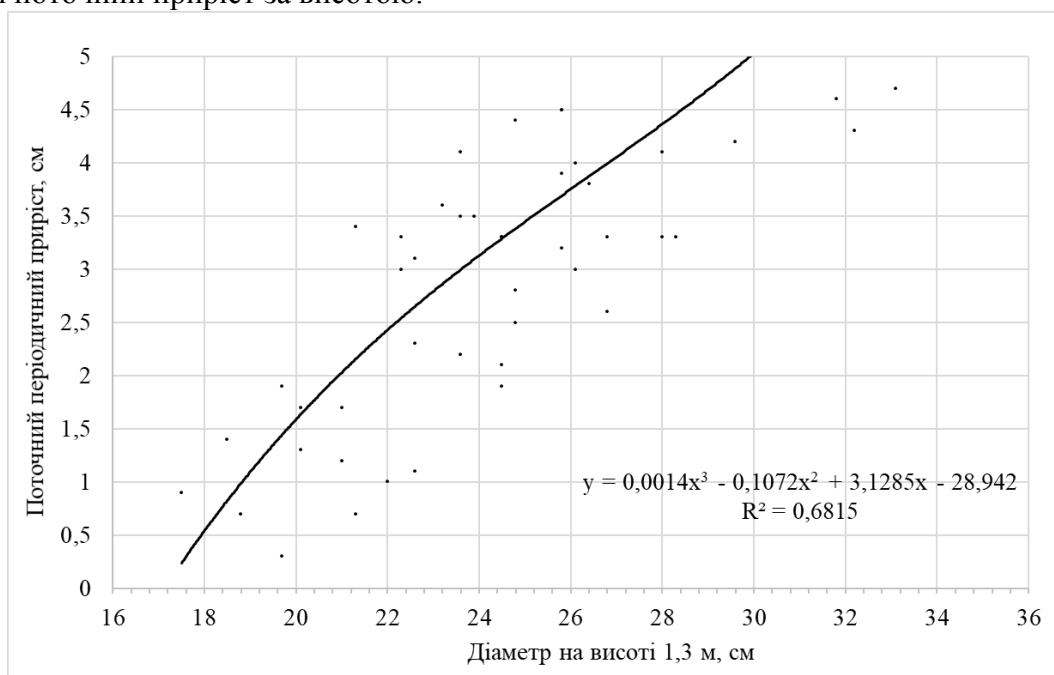


Рис. 2 – Залежність поточного середнього періодичного приросту за діаметром дерев сосни звичайної від діаметра на висоті 1,3 м на ППП 1-Слб

Упродовж 2007–2022 рр. відбулася зміна кривих висот деревостану (рис. 3). Унаслідок приросту дерев сосни середні висоти за ступенями товщини збільшилися.

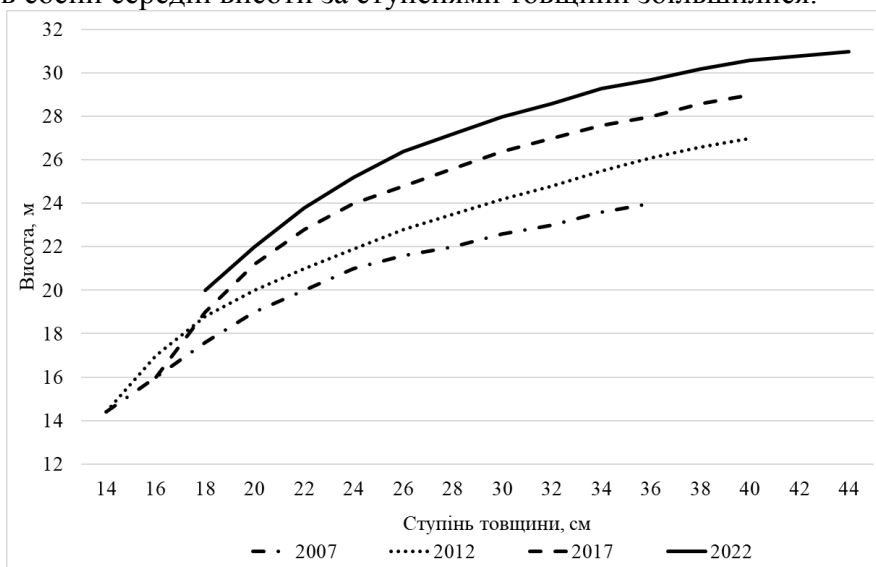


Рис. 3 – Залежність значень середньої висоти сосни звичайної від діаметра на висоті 1,3 м на ППП 1-Слб упродовж 2007–2022 рр.

Збільшення значень приростів за діаметром і висотою дерев підвищує інтегральний показник приросту за об'ємом дерев, а також за запасом деревостану. Динаміка приростів за запасом зі збільшенням віку середньовікового соснового деревостану на ППП 1-Слб має тенденцію до зростання (табл. 2). Упродовж 2013–2017 рр. поточна середня періодична зміна запасу в сосновому деревостані збільшилася на $3,3 \text{ м}^3\text{га}^{-1}$ (на 48 %), порівнюючи з попереднім п'ятирічним періодом, а поточний середній періодичний приріст – на $4,1 \text{ м}^3\text{га}^{-1}$ (на 42 %). Поточний середній періодичний приріст 54-річного деревостану не поступався за цим показником табличним даним повних штучних соснових деревостанів Полісся України (Shvydenko et. al. 1987). За наступний п'ятирічний період (2018–2022 рр.) показники зміни запасу майже не змінилися, але відпад збільшився у 2,6 разу, що визначило перевищення поточного середнього періодичного приросту за запасом на $5,8 \text{ м}^3\text{га}^{-1}$ (на 42 %), як порівняти з минулим п'ятиріччям. Відпад становили 76 шт.га^{-1} (12 %) сухостійних дерев сосни діаметром 16–30 см та 13 шт.га^{-1} (2 %) вітровальних дерев діаметром 28–34 см.

Таблиця 2

Поточний середній періодичний приріст деревостанів за запасом на постійних пробних площах

№ ППП	Елемент деревостану	Вік, років	Період, років	Поточні середні періодичні значення, $\text{м}^3\text{га}^{-1}$		
				зміни запасу	відпаду	приросту
1-Слб	Сз	49	5	6,40	2,80	9,20
	Разом	49	5	6,92	2,80	9,72
	Сз	54	5	9,76	3,54	13,30
	Разом	54	5	10,22	3,54	13,78
	Сз	59	5	10,12	9,36	19,48
	Разом	59	5	10,18	9,36	19,54
14-Слб	Ялє	53	5	6,38	3,36	9,74
	Разом	53	5	6,86	3,76	10,62
	Ялє	58	5	10,84	1,08	11,92
	Разом	58	5	11,88	1,38	13,26
19-Слб	Бп	29	7	9,26	0,38	9,64
	Разом	29	7	9,78	0,40	10,18
21-Слб	Тпг	12	6	16,73	–	16,73
	Бп	12	6	3,47	–	3,47
	Разом	12	6	20,23	–	20,23

ППП 1-Слб є контрольною секцією на стаціонарному дослідному об'єкті з проведення рубок догляду, тому рубки догляду тут не проводили. У 59-річному сосняку сугрудуватого дубово-соснового субору дерева відпаду залишаються на перегнивання, що знижує ступінь використання приросту. Дерев дуба звичайного (*Quercus robur* L.), липи серцелистої (*Tilia cordata* Mill.) та клена гостролистого (*Acer platanoides* L.) природного походження ростуть під наметом сосни, поступово формуючи другий ярус широколистяно-соснового деревостану, що сприятиме збільшенню його продуктивності, поліпшенню стійкості та збереженню біорізноманіття соснових лісів у регіоні дослідження.

Ялина європейська (*Picea abies* (L.) Karst.) є цінною хвойною породою. Ялинові деревостани в Східному Поліссі займають 5,2 тис. га (1,2 % площі вкритих лісовою рослинністю земель) (Zhezhkun 2021a). У свіжих і вологих сугрудах регіону ялинники характеризуються доволі високою продуктивністю. Запас стовбурної деревини у 48-річному липово-ялиновому деревостані в умовах свіжого грабово-дубово-соснового сугруду на ППП 14-Слб становив $494 \text{ м}^3\text{га}^{-1}$ (див. табл. 1). Упродовж наступних 10 років ріст ялиннику продовжувався за I^b класом бонітету.

За останні п'ять років поточний середній періодичний приріст деревостану за запасом збільшився на $2,6 \text{ м}^3\text{га}^{-1}$ (на 25 %), порівнюючи з попереднім п'ятирічним періодом, зокрема ялини – на $2,2 \text{ м}^3\text{га}^{-1}$ (на 22 %). Поточний періодичний приріст за діаметром дерев ялини за 2012–2016 рр. становив у середньому $1,10 \pm 0,100$ см, а за 2017–2021 рр. – $0,83 \pm 0,072$ см. Розбіжність середніх значень поточних періодичних приростів за діаметром за ці періоди

є істотною на 95 % рівні значущості ($t_{\text{ф}} = 2,33$, $t_{\text{кр}} = 1,96$). Показники поточного середнього періодичного приросту за діаметром ялини характеризуються високою мінливістю (коефіцієнти варіації 86–90 %). Зокрема, дерево ялини № 20 (діаметр 27 см, клас Крафта І) на ППП 14-Слб за перший п'ятирічний період мало найбільший поточний періодичний приріст за діаметром – 5,0 см, за наступний – лише 0,1 см, тобто майже припинило свій ріст. Показники найтовстішого дерева ялини № 16 (діаметр 36,3 см) становили за періодами 2,7 та 1,8 см відповідно, а для дерев липи – 0–2,2 см. Зменшення приросту за діаметром 58-річних дерев ялини європейської свідчить про досягнення етапу досягання деревостану, що слід враховувати для визначення віку стиглості ялиників, які ростуть у рівнинних умовах регіону дослідження.

Упродовж 2017–2021 рр. відбулося істотне збільшення зміни запасу ялини (на $5,0 \text{ м}^3 \text{ га}^{-1}$, або на 73 %) проти попереднього п'ятиріччя, що пояснюється зменшенням відпаду у 2,7 рази. За останні п'ять років відпад був представлений сухостійними деревами III–V^a класів Крафта, що розмішені на ППП 14-Слб стохастично. Поточний приріст за діаметром дерев, що надійшли до відпаду, становив від 0 до 0,7 см. За попередні п'ять років до відпаду також належали 9 шт. га^{-1} вітровальних дерев ялини (діаметром 26–36 см, I–II класів росту за Крафтом).

Водночас упродовж останніх 10 років за високих показників приросту за санітарним станом ялиновий деревостан був ослабленим (індекс санітарного стану ялини – 1,9). На дослідній ділянці рубок не проводили, проте в сусідніх ділянках середньовікових ялинових деревостанів чистого складу внаслідок відмирання дерев ялини після посухи 2010 р. було проведено суцільні та вибіркові санітарні рубки. Як доведено (Zhezhkun 2012, 2021a, Rogohnyach 2017), для збереження та поліпшення біотичної стійкості ялиників у регіоні слід вирощувати деревостани мішаного складу та складної формової будови. Середня зміна запасу 58-річного ялини з другим ярусом липи та інших листяних порід на ППП 14-Слб становить $10,1 \text{ м}^3 \text{ га}^{-1}$, що відповідає вимогам для швидкорослих порід (Pogrebnyak 1968). Зважаючи на одержані дані, у сучасних умовах глобальної зміни клімату з метою попередження всихання вік стиглості ялинових деревостанів в експлуатаційних лісах слід зменшити від 81–90 до 61–70 років.

Береза повисла (*Betula pendula* Roth.) у регіоні формує похідні деревостани. Березняки займають 45 тис. га, або 10,4 % вкритих лісовою рослинністю земель (Zhezhkun 2021a). Березові деревостани відіграють високу захисну роль у лесових типах ландшафтів регіону та корисні властивості в рекреаційно-оздоровчих лісах, а також є постачальником цінних лісоматеріалів та якісної паливної продукції. У свіжих і вологих сугрудах береза повисла є швидкорослою деревною породою та накопичує значні запаси деревини. Зокрема, у 22-річному березняку штучного походження на ППП 19-Слб, що росте за I^c класом бонітету, запас становить $121 \text{ м}^3 \text{ га}^{-1}$ (див. табл. 1).

Упродовж 2016–2022 рр. поточна середня періодична зміна запасу ($9,8 \text{ м}^3 \text{ га}^{-1}$) перевищувала на 12 % цей показник для повних 29-річних березових деревостанів Полісся України (Shvydenko et. al. 1987). У деревостані за останні сім років поточний середній періодичний відпад становив лише $0,4 \text{ м}^3 \text{ га}^{-1}$ (див. табл. 2). Відпад відбувався за низовим типом (відмерлі дерева діаметром 2–6 см представлені сухостоєм). Середньовіковий березовий деревостан із домішкою осики (*Populus tremula* L.), дуба звичайного, липи дрібнолистої та інших порід є ослабленим (середня категорія санітарного стану берези – II,34). Для поліпшення санітарного стану та використання деревини відпаду в наступні роки слід призначити в деревостані рубку догляду – проріджування. Похідні березові деревостани до віку стиглості (61–70 років) у ТЛУ C₂ й C₃ мають високі показники приросту за запасом деревини (Zhezhkun 2012).

Високу продуктивність у регіоні також мають тополеві деревостани. У свіжих та вологих сугрудах і грудах осикові деревостани накопичують у віці стиглості (41–50 років) чималі запаси деревини – понад $400 \text{ м}^3 \text{ га}^{-1}$ (Zhezhkun 2021a). Осичники мають переважно

паросткове походження та низьку технічну якість деревини. У регіоні розпочато впровадження швидкорослих порід гібридів тополь 'Тронко', 'СС-38', 'Новоберлінський' та інших. На ППП 21-Слб за плантаційним способом вирощування з розміщенням садивних місць 4×2 м навесні 2010 р. було висаджено з почерговим типом змішування в ряду $1\ 250$ шт.га⁻¹ живців гібридних тополь і 2–3-річних дичок берези повислої. У 4-річному віці культури переведено до вкритих лісовою рослинністю земель за I класом якості відповідно до інструкції (About approval 2010). У віці 6 років гібриди тополь вже панували за запасом у складі деревостану (див. табл. 1). Найкращі особини мали поточний річний приріст за висотою 1,0–1,5 м. За наступні шість років збереженість лісових культур становила 100 %.

Поточний середній періодичний приріст за висотою тополевого елемента деревостану упродовж 2016–2021 рр. становив $16,7$ м³га⁻¹ (див. табл. 2) та перевершував цей показник дерев берези повислої майже у п'ять разів. У 12-річному віці береза поступалася тополі за середньою висотою на 3,6 м (на 24 %), а за середнім діаметром – на 5,5 см (на 36 %). Найбільші дерева гібридів тополі (№ 58) мали діаметр 25,2 см, висоту 17 м, а берези (№ 44) – 14,2 см та 13,4 м відповідно. Поточний періодичний приріст за діаметром упродовж 2016–2012 рр. становив у дерева № 58 – 13,8 см, у дерева № 44 – 6,9 см (вдвічі менше). За повноти 0,58 відбулося змикання крон дерев поміж рядами, що прискорюватиме їхню диференціацію, збільшуватиме приріст і технічну якість стовбурної деревини. Стовбури дерев є очищеними від сучків на висоті 0,5–0,8 м, висота до першої живої гілки у тополі – 3 м, у берези – 2 м.

Для підвищення продуктивності березово-тополевого деревостану та поетапного отримання деревини у віці 25–30 років слідвилучити дерева тополі та дорошувати березовий деревостан із домішкою дерев природного походження до віку стиглості (61–70 років). Для регулювання конкуренції між деревами в процесі формування деревостану та використання деревини очікуваного відпаду в наступні роки слід вчасно проводити рубки догляду.

Отже, в умовах інтенсифікації лісогосподарського виробництва відпад і приріст слід враховувати для визначення загальної продуктивності деревостанів. Під час інвентаризації лісів необхідно визначати загальну продуктивність і використання відпаду в користуванні деревиною, частку користування деревиною з урахуванням загального приросту (з відпадом), а не лише зміни запасів. За таких умов загальна продуктивність деревостанів ДП «Новгород-Сіверська ЛНДС» упродовж 2006–2015 рр. становила: $P^3 = 582,9 + 29,0 + 40,2 = 652,1$ тис. м³. Частка користування деревиною становила лише 6,2 % ($(40,2 / 652,1) \times 100$ %) від загальної продуктивності деревостанів.

Ступінь використання приросту деревостанів (із урахуванням використання відпаду) є важливим показником інтенсивності ведення лісового господарства підприємств, індикатором їхнього сталого розвитку та наближеного до природи лісівництва. У ДП «Новгород-Сіверська ЛНДС» за 2006–2015 рр. частка користування деревиною становила 26,8 % від загального приросту або 49,6 % від показника зміни запасу. Подібна тенденція наявна також і для інших державних лісогосподарських підприємств регіону (Zhezhkun 2021a). Ступінь використання приросту за запасом можливо збільшити до 60–70 % шляхом використання запасу відпаду й оптимізації лісокористування.

Зниження продуктивності лісів відбувається внаслідок невідповідності породного складу деревостанів типам лісу, особливо з великою часткою (понад 10 %) похідних деревостанів, у результаті невідповідності фактичних запасів модальних деревостанів оптимальним запасам еталонних деревостанів або запасам деревостанів за цільовими програмами лісовирощування. У найпоширеніших типах лісу Східного Полісся середньозважений показник використання потенційної продуктивності (без урахування відпаду) соснових деревостанів становить 68 % (Tkach et al. 2018, Zhezhkun 2021a), а дубових – 40,6 % (Zhezhkun 2021a).

Вікова структура деревостанів у регіоні є розбалансованою, що не забезпечує рівномірність лісокористування та призводить до зниження продуктивності лісів.

Продуктивність лісів у межах лісового масиву або адміністративно-господарських одиниць також може зменшуватися внаслідок дії природних чинників (знищення або пошкодження дерев до ступеня припинення росту в результаті лісових пожеж, вітровалів, сніголамів, поширення шкідників і хвороб, зміни рівня ґрунтових вод, посухи внаслідок глобальної зміни клімату тощо), а також надмірних рубок, за яких вилучається обсяг деревини, що перевершує приріст насаджень. Продуктивність деревостанів може зменшуватися в клімаксових угрупованнях (Spur & Barnes, 1984) унаслідок розладнання панівного ярусу, коли відпад перевершує зміни наявного запасу. Тому важливим завданням лісівників має бути збільшення продуктивності лісів за умови збереження їхньої біотичної стійкості й посилення інших корисних (природоохоронних, захисних, рекреаційних, оздоровчих та інших) функцій.

Збільшення продуктивності лісів забезпечується шляхом поліпшення породного складу, оптимізації вікової структури, формування високоповнотних деревостанів із найбільшим приростом цінної деревини. Позитивній динаміці продуктивності лісів сприяє раціональне використання не лише стовбурової деревини, але й інших фракцій фітомаси, недопущення втрат під час лісозаготівлі, поліпшення логістичних операцій, переробки та маркетингу лісової продукції.

Підвищення продуктивності можна досягти створенням лісових культур на невикритих лісовою рослинністю землях, сприянням успішному природному лісовідновленню, запобіганню виникненню й поширенню лісових пожеж, вітровалів, вітроломів, шкідників і хвороб, створенням культур швидкорослих порід, вчасним проведенням рубок догляду, реконструктивних рубок, рубок переформування, меліорацією місцезростань тощо.

Удосконалення вивчення динаміки продуктивності лісів визначатиметься впровадженням досягнень науки і практики для поліпшення обліку та відпуску лісової продукції, закладання мережі стаціонарних тривалих досліджень на ППП від утворення до рубки або загибелі лісів за універсальними методиками та високим рівнем фахівців-дослідників.

Висновки. Продуктивність деревостанів за запасами стовбурової деревини у регіоні має тенденцію до збільшення. Високі показники поточного середнього періодичного приросту за запасом визначено в середньовікових деревостанах. За умови інтенсифікації лісогосподарського виробництва під час визначення загальної продуктивності деревостанів доцільно враховувати відпад і приріст. Під час інвентаризації лісів слід визначати загальну продуктивність та використання відпаду в користуванні деревиною, частку користування деревиною з урахуванням загального приросту (із відпадом), а не лише зміни запасів. Визначення динаміки продуктивності деревостанів за певний період забезпечить добір заходів щодо підвищення продуктивності за умови збереження їхньої біотичної стійкості та довговічності, виконання захисних і середовищевірних функцій лісостанів.

ПОСИЛАННЯ – REFERENCES

About approval of the Instruction on design, technical acceptance, accounting and quality assessment of forestry objects. 2010. [Electronic resource]. Order of the State Forestry Committee of Ukraine №1046/18341 dated November 5. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1046-10#Text> (accessed 02.02.2023) (in Ukrainian).

Anuchin, N. P. 1982. Forest Mensuration. Moscow, Lesnaya Promyshlennost, 552 p. (in Russian).

Bessaad, A., Bilger, I., Korboulewsky, N. 2021. Assessing biomass removal and woody debris in whole-tree harvesting system: Are the recommended levels of residues ensured? *Forests*, 12(6): 807. <https://doi.org/10.3390/f12060807>

Bontemps, J.-D. 2021. Inflation of wood resources in European forests: The footprints of a big-bang. *PLoS ONE* 16(11): e0259795. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0259795>

Böhling, K., Marques Todeschini, M. F. 2021. The Forest Sector in the 2030 EU Climate Policy Framework: Looking back to assess its future. *Journal for European Environmental & Planning Law*, 1–2: 124–142. <https://doi.org/10.1163/18760104-18010008>

Di Cori, V., Robert, N., Franceschinis, C., Pettenella, D.M., Thiene, M. 2022. Framework proposal to quantify the contribution of non-wood forest products to the European Union forest-based bioeconomy. *Forests*, 13(3): 362. <https://doi.org/10.3390/f13030362>.

Forest Code of Ukraine. 1994. [Electronic resource]. Law, Code of January 21, 1994 No. 3852-XII. Edition as of 03/23/2023. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3852-12#Text> (accessed 02.02.2023) (in Ukrainian).

Forest Inventory Sample Plots. Establishing Method. Corporate standart 02.02.-37-476:2006. 2007. Valid from May 1, 2007. Kyiv, Ministry for Agrarian Policy of Ukraine, 32 p. (in Ukrainian).

Forestry. Terms and definitions. State Standard of Ukraine 3404-96. 1997. Valid from July 1, 1997. Kyiv, Ukrainian State Forestry Research and Production Technology Center, 39 p. (in Ukrainian).

Fuchilo, Y. D., Karpuk, A. I., Sbitna, N. V. 2016. Ways of increasing the productivity of forests and using wood for energy purposes. Kyiv, Comprint, 206 p. (in Ukrainian).

Kashpor, S. M. and Strochinskiy, A. A. 2013. Forest taxation guide. Kyiv, Vinichenko Publishing House, 496 p. (in Ukrainian).

Lakyda, P. I. 2001. Phytomass of forests of Ukraine. Ternopil, Zbruch, 256 p. (in Ukrainian).

Lier, M., Köhl, M., Korhonen, K. T., Linser, S., Prins, K., Talarczyk, A. 2022. The new EU forest strategy for 2030: A new understanding of sustainable forest management? *Forests*, 13(2): 245. <https://doi.org/10.3390/f13020245>.

Melehov, I. S. 1980. Forest Science. Moscow, Lesnaya Promyshlennost, 408 p. (in Russian).

Mensuration and Forest Management. Wood Increment in a Forest Stand. Classification and Notation. Basic Calculation Formulas. Terms and Definitions. Industry standard 56-73-84. 1984. Moscow, Standards Publishing House, 8 p. (in Russian).

Ostapenko, B. F. and Tkach, V. P. 2002. Forest typology. Kharkiv, Pleyada, 204 p. (in Ukrainian).

Pogrebnyak, P. S. 1968. General forestry. Moscow, Kolos, 440 p. (in Russian).

Popov V. P., Marynich A. M., Lanko A. I. 1968. Physical and geographical zoning of Ukrainian Soviet Socialist Republic. Kyiv, Publishing House of Kyiv University, 683 p. (in Russian).

Porohnyach, I. V. 2017. The current condition and characteristics of formation of spruce stands in Novgorod-Severske Polissya. PhD thesis. Kharkiv, 211 p. (in Ukrainian).

Sanitary Forests Regulations in Ukraine. 2016. [Electronic resource]. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No 756 dated 26 October 2016. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/756-2016-%D0%BF#n11> (accessed 02.02.2023) (in Ukrainian).

Shvydenko, A. Y. and Ostapenko, B. F. 2001. Forest science. Chernivtsi, Zelena Bukovyna, 358 p. (in Ukrainian).

Shvydenko, A. Z., Strochinsky, A. A., Savich, Yu. N., Kashpor, S. N. (Eds.). 1987. Regulatory reference materials for forest inventory in Ukraine and Moldova]. Kyiv, Urozhay, 559 p. (in Russian).

Siryk, A.A., Svistula, G. E., Morozova, T. G. 1991. Productivity and economic assessment of protective forest stands on the Nizhny Dnipro sands. *Forestry and Forest Melioration*, 93: 3–7 (in Ukrainian).

Spur, S. G. and Barnes, B. V. 1984. Forest ecology. Moscow, Lesnaya Promyshlennost, 479 p. (in Russian).

Tkach, V. P., Kobets O. V., Rumiantsev M. G. 2018. Use of Forest site capacity by forests of Ukraine. *Forestry and Forest Melioration*, 132: 3–12 (in Ukrainian).

Toïgo, M., Castagneyrol, B., Jactel, H., Morin, X., Meredieu, C. 2022. Effects of tree mixture on forest productivity: tree species addition versus substitution. *European Journal of Forest Reserch*, 141: 165–175. <https://doi.org/10.1007/s10342-021-01432-6>

Turkevich, I. V. 1977. Cadastral valuation of forests. Moscow, Lesnaya Promyshlennost, 168 p. (in Russian).

Turkevich, I. V., Medvedev L. A., Mokshanina I. M., Lebedev V. E. 1973. Methodological recommendations for determining the potential productivity of forest lands and the efficiency of their use. Kharkiv, URIFFM, 72 p. (in Russian).

Vasiliev, P. V. 1962. Potential and effective forest productivity. *Forestry*, 10: 49–54 (in Russian).

Vedmid, M. M. and Gavrilo, V. A. 2004. To the question of determining the potential productivity of forest lands. *Forestry and Forest Melioration*, 107: 14–19 (in Ukrainian).

Vedmid, M. M. and Zhezhkun A. M. 2014. Derivatives and low-value stands and their reconstruction in the forests of the Left Bank Ukraine. Sumy, Sumy National Agrarian University, 258 p. (in Ukrainian).

Vorobyov, D. V. 1959. Natural and actual productivity of forest area. *Forestry*, 11: 10–13 (in Russian).

Yao, R. T., Palmer, D. J., Payn, T. W., Strang, S., Maunder, C. 2021. Assessing the broader value of planted forests to inform forest management decisions. *Forests*, 6: 662. <https://doi.org/10.3390/f12060662>

Zhezhkun, A. M. 2012. The dynamics of the derived types of stands of fairly fertile and fertile site types in Eastern Polissia. *Scientific Herald of NULES of Ukraine*, 171.3: 122–130 (in Ukrainian).

Zhezhkun, A. M. 2021a. Forests of the Eastern Polissia of Ukraine: structure, productivity, formation and restoration. *Mena, Dominant*, 384 p. (in Ukrainian).

Zhezhkun, I. M. 2021b. State and prospects of the use of forest ecosystem services in Ukraine. In: European integration of environmental policy of Ukraine: Proceedings of the 3rd All-Ukrainian Scientific and Practical Conference. Odesa, Odesa State Environmental University, p. 110–114 (in Ukrainian).

Zhezhkun A. M.¹, Zhezhkun I. M.², Porohnyach I. V.¹

STAND PRODUCTIVITY DYNAMICS IN EASTERN POLISSIA OF UKRAINE

¹*State Enterprise “Novgorod-Siverska Forest Research Station”*

²*Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G.M. Vysotsky*

The article considers changes in the productivity of stands of the main forest-forming species in the Eastern Polissia of Ukraine. The productivity of the stands was analysed according to their dominant and most valuable product – stem wood. Based on long-term stationary research on permanent sample plots, the changes in the growing stock, tree mortality, and periodic growing stock increment of the stands have been established. The highest values of growing stock increment were found in middle-aged stands. In a 44-year-old pine stand of fresh relatively moist and relatively fertile site types with a relative density of stocking of 0.87, the current average periodic growing stock increment for each 5-year period during 2008–2022 was 9.7–19.5 m³·ha⁻¹ of stem wood, of which tree mortality was 2.8–9.4 m³·ha⁻¹ (25–48%). The available standing volume, the tree mortality volume, and the volume of wood removed during felling should be taken into account to determine the total productivity of forests. It is possible to increase the degree of use of growing stock increment of stands in the region up to 60–70% due to the use of tree mortality volume and forest management optimization. Determining the stand productivity dynamics will allow the selection of proper measures to increase the productivity of forests, preserve their biological stability and enhance their environmental functions.

К e y w o r d s : change in growing stock, tree mortality, growing stock increment, site class, forest type.

E-mail: desna-90@ukr.net

Одержано редколегією 08.02.2023