



В. О. Крамарець, Г. Т. Криницький, М. М. Король, В. В. Лавний

Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, Україна

АДАПТАЦІЯ СОСНОВИХ НАСАДЖЕНЬ ДО ЗМІН КЛІМАТУ (НА ПРИКЛАДІ ФІЛІЇ "РАВА-РУСЬКЕ ЛГ")

Досліджено сучасний стан насаджень за участю сосни звичайної, яка є головним лісотвірним деревним видом на території філії "Рава-Руське лісове господарство". Наведено розподіл соснових лісів підприємства за категоріями основних функцій, що вони виконують. Встановлено, що 63,4 % віднесено до категорії експлуатаційних лісів, значні площі (28,1 %) належать до рекреаційно-оздоровчих. Подано розподіл ділянок, вкритих лісовою рослинністю за деревними видами. Частка деревостанів сосни звичайної у філії "Рава-Руське ЛГ" становить 18,0 тис. га або 64,3 % від площі ділянок, вкритих лісовою рослинністю. За умов підприємства переважають деревостани сосни звичайної штучного походження (72,2 %). З'ясовано, що більшість сосняків підприємства – одновікові деревостани, у складі яких частка сосни звичайної становить 8-10 одиниць. Площа чистих соснових насаджень становить 49,8 % серед лісових культур та 43,9 % – серед сосняків природного походження. Переважна більшість соснових насаджень відзначається високою продуктивністю – деревостани І та вищих класів бонітету займають 75,3 % від площі сосняків. На території філії "Рава-Руське ЛГ" переважають середньоповнотні соснові деревостани, частка яких становить 72,0 % від площі насаджень природного походження та 69,2 % від площі насаджень штучного походження. Встановлено, що спрощена структура одновікових монокультур робить їх вразливими до кліматичних змін, зокрема посушливих періодів. Кліматичні чинники та пониження рівня ґрунтових вод призводять до погіршення стану сосняків. Виявлено, що причиною призначення і проведення санітарних рубок у сосняках на території підприємства найчастіше є пошкодження насаджень вітром (вітровал, бурелом), розвиток комплексних осередків комах-камбіофагів і грибів роду *Ophiostoma*. Для адаптації соснових насаджень підприємства до змін клімату запропоновано стратегію активної адаптації, яка охоплює заходи із максимального збереження води в лісостанах, переформування чистих соснових насаджень у мішані різнорідні деревостани, запобігання поширенню та розвитку патогенів і потенційних шкідників лісу.

Ключові слова: *Pinus sylvestris* L.; лісівничо-таксаційні показники; стан насаджень; санітарні рубки; рубки переформування; лісгосподарські заходи.

Вступ / Introduction

На території України сосна звичайна є основною лісотвірною породою – її насадження займають 35 % від загальної площі лісів [31]. Це дерево з конусоподібною або пірамідальною кроною і моноподіальним, кільчастим гілкуванням (так звані "мутовки"). Водночас, за останні десятиліття в соснових лісостанах виявлено істотне погіршення санітарного стану [5]. Зниження життєвості сосняків спостерігається також на території інших країн Європи, перебіг їх висихання є надзвичайно інтенсивним і швидким [10].

З огляду на глобальні зміни клімату, зменшення кількості опадів і пониження рівня ґрунтових вод така ситуація буде тільки погіршуватися. Тому розроблення заходів із підвищення біотичної стійкості насаджень та

їх адаптації до змін клімату є надзвичайно важливим та невідкладним завданням [12, 18, 20, 30].

Об'єкт дослідження – лісостани за участю у їх складі сосни звичайної на території філії "Рава-Руське ЛГ".

Предмет дослідження – санітарний стан та лісотаксаційні показники соснових насаджень підприємства.

Мета роботи – оцінити сучасний стан соснових насаджень ДП "Рава-Руське ЛГ" та запропонувати заходи з їх адаптації до змін клімату.

Для досягнення зазначеної мети визначено такі основні завдання дослідження:

- проаналізувати лісівничо-таксаційні особливості насаджень за участю сосни на території підприємства;
- за результатами рекогносцирувального обстеження встановити причини погіршення санітарного стану соснових лісостанів на території підприємства;
- запропонувати систему заходів із підвищення біотичної

Інформація про авторів:

Крамарець Володимир Олександрович, д-р с.-г. наук, професор, кафедра лісівництва. Email: v_kramarets@ukr.net;

<https://orcid.org/0000-0002-5978-3711>

Криницький Григорій Томкович, д-р біол. наук, професор, завідувач кафедри лісівництва. Email: kafis@i.ua

Король Микола Михайлович, канд. с.-г. наук, доцент, кафедра лісової таксації та лісовпорядкування.

Email: nikkorol@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0002-9023-0840>

Лавний Василь Володимирович, д-р с.-г. наук, професор, кафедра лісівництва, проректор з наукової роботи.

Email: lavnyy@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-2069-9026>

Цитування за ДСТУ: Крамарець В. О., Криницький Г. Т., Король М. М., Лавний В. В. Адаптація соснових насаджень до змін клімату (на прикладі філії "Рава-Руське ЛГ"). Науковий вісник НЛТУ України. 2023, т. 33, № 6. С. 13–21.

Citation APA: Kramarets, V. O., Krynytskyi, H. T., Korol, M. M., & Lavnyy, V. V. (2023). Adaptation of Scots pine plantations to climate changes (on the example of the branch "Rava-Ruska Forestry"). *Scientific Bulletin of UNFU*, 33(6), 13–21.

<https://doi.org/10.36930/40330602>

стійкості соснових насаджень підприємства та їх адаптації до глобальних змін клімату.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Біотична стійкість насаджень до негативного впливу абіотичних і біотичних факторів визначає можливість та якість виконання лісами середовищевісних, захисних і сировинних функцій. Однак прогресуючі кліматичні зміни, зокрема – зменшення кількості опадів і підвищення температури повітря, як і передбачалося раніше [12], уже спричиняють негативний вплив на лісову рослинність, а в майбутньому ефект та сила цього впливу буде зростати. Ліси повинні будуть адаптуватися не тільки до змін середніх кліматичних показників, але й до збільшення ризику появи екстремальних погодних явищ, таких як тривала посуха, шторми та повені [20]. Збільшення вмісту CO₂ в атмосфері та підвищення температури позитивно вплинуть на ріст лісів і виробництво деревини, принаймні в коротко- та середньотерміновій перспективі. З іншого боку, зростання ризиків появи посухи та інших збурень довкілля призведе до негативних наслідків. Ці негативні наслідки, ймовірно, переважають позитивні тенденції у Південній та Східній Європі в напрямку із заходу на схід – у цих регіонах ризик появи посухи зростає [20]. Наслідком цього є пониження рівня ґрунтових вод, що неминуче погіршить біотичну стійкість насаджень. Підвищення середньої температури повітря на планеті також збільшує поверхневе випаровування вологи та, за наявності посушливих періодів, зумовлює зниження рівня ґрунтових вод [3, 24]. Стала нестача вологи у ґрунті призводить до зменшення кількості смоли у хвойних породах, що відповідно знижує опірність дерев до спроб заселення комахами камбіо-ксилофагами [8]; посушливі періоди сприяють розвитку хвоєлистогризних комах та створюють передумови формування осередків їх масового розмноження [22]. Загалом, треба зазначити, що зниження рівня ґрунтових вод, яке фіксується останніми роками по всій Європі [33, 35], істотно впливає на стан сосняків.

Потепління клімату уже вплинуло на терміни сезонного розвитку дерев, зокрема на території України виявлено тенденцію до більш ранніх термінів початку та завершення вегетаційного періоду [2]. У Західному Лісостепу України унаслідок глобального потепління клімату понад 60 років спостерігається підвищення температури і зменшення вологи в атмосфері. Середньорічна температура повітря за цей період зросла на 1,7°C, а відносна середньорічна вологість повітря зменшилась на 2,4 % [14, 36]. Ця тенденція може і надалі тривати, що буде впливати і на терміни розвитку та поширення збудників хвороб і потенційних шкідників лісу [13].

Варіанти майбутніх кліматичних змін будуть по-різному впливати на стан лісів: тепліші та сухіші умови призведуть до збільшення кількості та інтенсивності пожеж, до посух та пошкодження деревостанів різноманітними комахами, натомість тепліші та вологіші умови збільшують можливість пошкодження лісів вітрами та патогенами, збудниками різноманітних хвороб [30].

Кліматичне потепління може призвести до підвищення або зниження продуктивності лісів у майбутньому. Очікується збільшення частоти спекотливих періодів, посухи та штормових вітрів, зростає також кількість та інтенсивність супутніх атак патогенних організмів і шкідників – разом це стане найбільш важливими абіотичними та біотичними факторами стресу для

лісів [4]. Адаптивне лісове господарство може допомогти лісовим екосистемам пристосуватися до цих нових умов і зменшити ризики деградації лісів. Прогнозується, що у майбутньому негативний кліматичний вплив, ймовірно, буде найбільш вираженим у хвойних лісах [30]. Тому постала потреба в адаптації до кліматичних змін як лісових екосистем, так і людського суспільства [20, 30], оскільки кліматичні зміни вплинуть на всі товари та послуги, які надають європейські ліси.

Матеріали та методи дослідження. Для оцінювання сучасного стану насаджень за участю сосни звичайної сформована база даних і проведена її верифікація. За результатами оброблення бази даних із застосуванням пакету Excel здійснено розподіл площі лісостанів за участю сосни звичайної за основними лісотаксаційними показниками: походженням насаджень (природне, штучне – лісові культури), типами лісорослинних умов, класами бонітету та повноти, участю сосни у складі деревостанів.

Загальний санітарний стан насаджень сосни та причини його погіршення встановлювали в ході рекогносцирувального обстеження, яке проводили згідно з вимогами щодо виконання таких робіт [9, 23, 28]. Передусім обстежували ділянки, де лісова охорона виявила осередки всихання та погіршення стану соснових деревостанів. Окрім цього, створено базу даних ділянок, на котрих упродовж останніх чотирьох років проводили санітарні рубки, та проаналізовано причини відводу таких насаджень у рубку.

Результати дослідження та їх обговорення / Research results and their discussion

Площа ДП "Рава-Руське ЛГ" становить 32 тис. га. Переважну більшість лісів підприємства (63,4 %) віднесено до категорії експлуатаційних, значні площі (28,1 %) належать до рекреаційно-оздоровчих лісів. Частка захисних і лісів природоохоронного, наукового, історико-культурного призначення становлять відповідно 5,9 та 2,5 % площі підприємства. Отже, вирощування ліквідної ліспродукції, за одночасного збереження середовищевісних і захисних функцій лісових насаджень є одним із основних завдань підприємства.

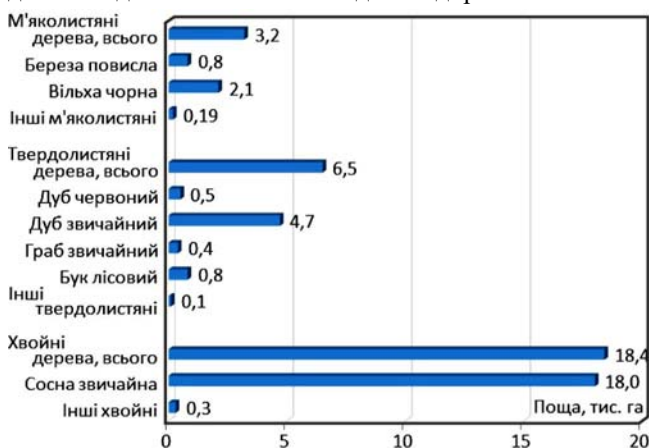


Рис. 1. Розподіл площі земель, вкритих лісовою рослинністю за деревними видами / Distribution of the forest area by tree species

Площа земель, вкритих лісовою рослинністю, на території філії "Рава-Руське ЛГ" становить 28 тис. га. Найбільшу площу займають лісостани з перевагою у їх складі сосни звичайної – 18,0 тис. га або 64,3 % від площі земель, вкритих лісовою рослинністю (рис. 1). Треба

відзначити, що на території цього підприємства зосереджено 12,5 % від площі усіх насаджень за участю сосни у Львівській області. Частка насаджень інших хвойних у філії "Рава-Руське ЛП" становить тільки 1,4 %. Твердолистяними породами зайнято 23,2 %, а м'яколистими – 11,1 % площі земель, вкритих лісовою рослинністю.

На території філії "Рава-Руське ЛП" переважають штучно створені соснові насадження (лісові культури) – 72,2 %, частка сосняків природного походження становить 27,8 %.

За характером зволоження на території підприємства переважають свіжі та вологі лісорослинні умови (рис. 2). Лісостани за участю сосни у сирих і мокрих типах лісорослинних умов займають тільки 0,5 тис. га. Переважна більшість соснових насаджень на території підприємства росте в типах лісорослинних умов свіжих і вологих суборів (B₂, B₃) – відповідно 3,9 тис. га (21,8 %) та 5,9 тис. га (32,5 %). Ці типи лісорослинних умов за багатством та вологістю ґрунту найбільше відповідають екологічним вимогам сосни звичайної. Велика частка сосняків є в умовах вологого сугруду C₃ (29,2 %), де сосна може формувати складні мішані насадження за участю у складі деревостану дуба звичайного та інших листяних порід. Площа сосняків у борових лісорослинних умовах на підприємстві є незначною – 970 га.

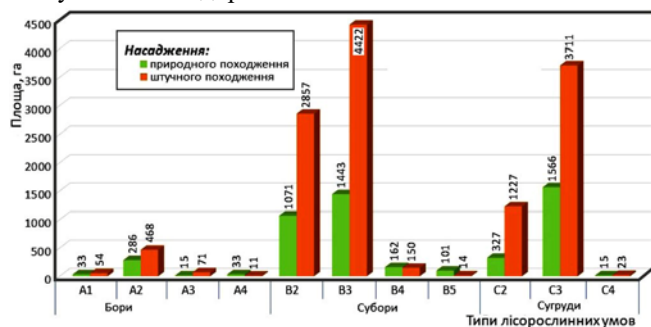


Рис. 2. Розподіл площі соснових насаджень за типами лісорослинних умов / Distribution of the area of Scots pine stands by forest site types

Переважає більшість соснових насаджень підприємства – це чисті одновікові деревостани, створені штучно. За даними багатьох дослідників, такі монокультури мають низьку стійкість до стресових чинників [11]; вирощування їх доцільне як лісові плантації для швидкого отримання деревини [6].

Соснові лісостани на території підприємства здебільшого ростуть у сприятливих едафічних умовах, що дає змогу сформувати високопродуктивні деревостани як штучного (лісові культури), так і природного походження (рис. 3).

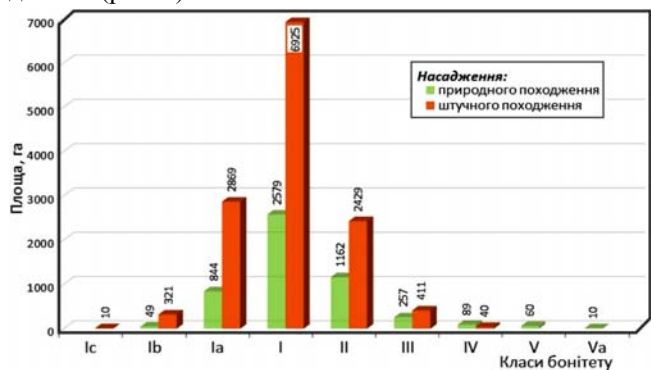


Рис. 3. Розподіл площі деревостанів сосни звичайної за класами бонітету / Distribution of the area of Scots pine stands by site classes

Площа високобонітетних деревостанів I та вищих класів бонітету серед насаджень штучного походження становить 10,1 тис. га, а природного – 3,5 тис. га. Загалом, високобонітетні деревостани займають 75,3 % від площі соснових лісів підприємства. Низькобонітетні деревостани сосни (IV і нижчих класів бонітету) займають площу 199 га, що становить всього 1,1 % від площі соснових насаджень.

На території філії "Рава-Руське ЛП" переважають середньоповнотні соснові деревостани, частка яких становить 72,0 % від площі насаджень природного походження та 69,2 % – від площі насаджень штучного походження. Частка низькоповнотних деревостанів становить відповідно 21,6 та 9,2 % (рис. 4). Низькоповнотні деревостани утворилися внаслідок розвитку патологічних процесів, зокрема в осередках коренових гнилей і комах камбіо- та ксилофагів, або після ушкоджень вітром. Варто зазначити, що навіть у високоповнотних деревостанах повнота є нерівномірною, оскільки останніми роками на території підприємства спостерігався масовий розвиток верхівкового короїда. Він спочатку заселяє невеликі куртини дерев по всій площі насаджень, а пізніше його осередки поступово збільшуються.

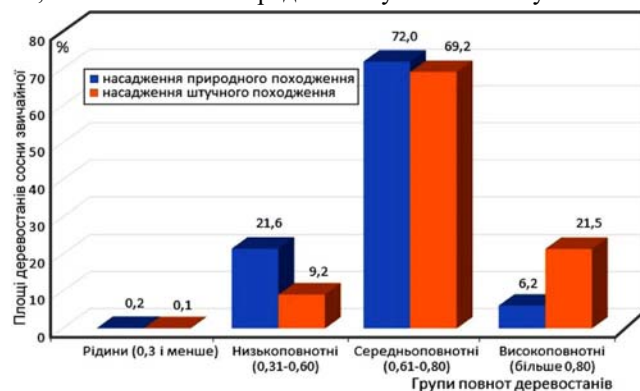


Рис. 4. Розподіл площі деревостанів сосни звичайної за групами відносної повноти / Distribution of the area of Scots pine stands by groups of relative stand density

На біотичну стійкість сосняків значний вплив має склад деревостану та його відповідність типам лісорослинних умов (табл. 1). Чисті за складом соснові деревостани займають великі площі на території підприємства – 93,7 %, серед них 43,9 % – природного походження та 49,8 % – лісових культур. Частка деревостанів, у яких сосна становить 8-9 одиниць, становлять 24,9 % від площі сосняків природного походження та 23,6 % від площі лісових культур.

Зазвичай погодні умови, зокрема підвищення температури повітря, зниження рівня ґрунтових вод, впливають на зниження біотичної стійкості сосняків і сприяють формуванню осередків масового розмноження комах-фітофагів. За даними співробітників ДП "Західукргелогія", рівень ґрунтових вод у свердловинах на території Малої Полісся та Розточчя, знизився на 0,5-1,5 м. Однак масового розвитку хвоєгризних комах у соснових насадженнях підприємства впродовж останніх років не спостерігалося, проте можливе їх формування у майбутньому. Водночас, істотний вплив на стан насаджень у Рава-Руському лісовому господарстві має розвиток комах-камбіофагів, зокрема короїдів верхівкового *Ips acuminatus* (Gyllenhal, 1827) та шести зубчастого *Ips sexdentatus* (Börner, 1776), соснових лубоїдів великого *Tomicus piniperda* (Linnaeus, 1758) та малого *T. minor* (Hartig, 1834).

Табл. 1. Розподіл соснових насаджень за типами лісорослинних умов та участю сосни звичайної у складі деревостану /
Distribution of Scots pine stands by forest site types and by the share of Scots pine in the stand composition

Коефіцієнт складу	Типи лісорослинних умов											Разом	
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	C ₂	C ₃	C ₄	га	%
Насаджень природного походження													
2									1,0			1,0	0,0
3					11,9	12,2	5,6		8,6	55,4	2,3	96,0	1,9
4		2,1		7,5	39,6	41,5	29,4	2,6	28,6	207,0	1,6	359,9	7,1
5		2,5		3,2	46,1	35,2	14,8	29,4	19,6	139,6	4,5	294,9	5,8
6		10,6			52,0	90,8	16,1	9,7	75,0	161,3	3,5	419,0	8,3
7	8,1	20,8		0,5	86,1	97,8	17,6	4,9	38,4	129,7	3,1	407,0	8,1
8	12,7	27,2	3,4	2,3	141,8	206,5	22,2	16,8	33,8	233,8		700,5	13,9
9		15,2		3,7	72,3	200,7	12,0	12,3	25,3	215,9		557,4	11,0
10	12,6	207,5	11,3	15,9	621,1	758,3	43,8	24,8	96,9	422,8	0,4	2215,4	43,9
Всього	33,4	285,9	14,7	33,1	1071	1443	161,5	100,5	327,2	1565,5	15,4	5051,1	100,0
	0,7	5,7	0,3	0,7	21,2	28,6	3,2	2,0	6,5	31,0	0,3	100,0	
Насаджень штучного походження (лісові культури)													
2										2,8		2,8	0,0
3					0,9	24,7	7,0		19,9	106,3		158,8	1,2
4		4,0			27,0	118,0	8,4	1,3	112,9	337,5	5,1	614,2	4,7
5	3,2	2,3			49,2	152,6	16,0	3,7	110,8	316,0	0,4	654,2	5,0
6	5,8	5,8			70,4	183,9	6,2		97,6	438,8	5,3	813,8	6,3
7	0,9	23,3	3,2		88,7	435,0	19,3	2,1	170,5	479,7	8,8	1231,5	9,5
8		34,7	2,5	2,2	210,4	490,7	30,6	0,5	260,0	546,4	2,7	1580,7	12,2
9	4,2	39,1	6,6	3,1	253,1	524,7	5,9	3,0	169,6	467,2		1476,5	11,4
10	39,6	358,7	58,2	5,9	2156,9	2492,2	56,4	3,6	285,4	1015,9	0,7	6473,5	49,8
Всього	53,7	467,9	70,5	11,2	2857	4422	149,8	14,2	1227	3710,6	23	13006,0	100,0
	0,4	3,6	0,5	0,1	22,0	34,0	1,2	0,1	9,4	28,5	0,2	100,0	

В осередках масового розмноження короїдів відмирання дерев сосни пришвидшують гриби з роду *Ophiostoma*, поширенню яких сприяють короїди, златки та вусачі, зокрема у їх ходах формується спороншення цих грибів, яке потім розносять імаго під час заселення дерев. Зазвичай на чисті сосняки істотно впливає вітер, що призводить до вітровалів, буреломів. У густих середньовікових сосняках під впливом мокрого снігу стаються сніговали та сніголами.

Табл. 2. Площа осередків шкідників і хвороб, виявлених у соснових насадженнях підприємства / The area of pests and diseases centers, detected in Scots pine stands of the enterprise

Тип пошкодження	Площа, га	% від площі виявлених осередків
Абіотичні пошкодження деревостанів, всього	155	6,7
зокрема:		
– бурелом	35,7	1,5
– вітровал	24,8	1,1
– сніголам та сніговал	94,5	4,1
Хвороби лісу, всього	898,7	39,0
зокрема:		
– шютте хвої звичайне	51,1	2,2
– некрозні хвороби сосни	37,8	1,6
– стовбурні гнилі	57,2	2,5
– коренева губка	169,5	7,4
– опеньок осінній	583,1	25,3
Пошкодження комахами-шкідниками, всього	1250,5	54,3
зокрема:		
– комплексні осередки короїдів і офіостомових грибів	1250,5	54,3
Разом	2304,2	100,0

На території підприємства в сосняках найпоширеніші осередки короїдів і кореневих гнилей, а також офіостомових грибів (табл. 2). Окрім цього, в насадженнях з перевагою у складі листяних порід виявлено ознаки

бактеріального раку ясена, поперечного раку дуба, сушинного мікозу дуба, стовбурових гнилей (збудниками яких є трутовики справжній, несправжній дубовий, несправжній осиковий, березова губка). Загальна площа таких осередків становить понад 900 га.

Отже, кліматичні й антропогенні зміни довкілля в сучасний період призводять до ослаблення соснових деревостанів, а інтенсифікація розвитку гетеротрофного блоку (комах камбіо- та ксилофагів, збудників кореневих і некрозних хвороб, хвороб хвої тощо) посилює зниження життєвості дерев сосни і як наслідок зумовлює швидке всихання сосняків. Особливу роль у цих процесах відіграють комахи камбіо-ксілофаги, які за наявності ослаблених деревостанів і сприятливих погодних умов швидко розвиваються і впродовж одного вегетаційного періоду формують друге та "сестринські" покоління.

Через погіршення санітарного стану соснових насаджень упродовж останніх 10-20 років потрібно здійснити лісозахисні та лісовідновні заходи. Основним заходом із покращення санітарного стану соснових лісів на території філії "Рава-Руське ЛГ" є суцільні та вибіркові санітарні рубки, згідно із "Санітарними правилами в лісах України", які, після їх затвердження в 1995 р., кілька разів уточнювали та змінювали. У першій редакції "Санітарних правил..." за основу було взято багато положень, які були застарілі, неточні або потребували змін [15]. Пропозиції щодо зміни та уточнень окремих пунктів подавали екологічні організації, лісівники-практики та науковці, тому їх було враховано у "Санітарних правилах..." у 2016 та 2020 роках. Однак, навіть після внесених змін, деякі із положень, попри їх нібито природозахисне спрямування, є суперечливими та обмежують здійснення лісозахисних заходів в оптимальні терміни. Зокрема, заборона на проведення санітарних рубок у період з 1 квітня до 15 червня обмежує боротьбу із короїдами весняної фенологічної групи, заселення де-

рев та виліт молодого покоління яких відбувається в цей період. Основним методом активної протидії поширенню осередків камбіофагів є своєчасне вирубування та корування або вивезення на переробку свіжозаселених короїдами дерев [8]. Однак, за чинних "Санітарних правил..." виконання цього заходу в найбільш оптимальний для його проведення весняний період заборонене.

Як видно з рис. 5, до 2021 р. суцільні санітарні рубання у філії "Рава-Руське ЛГ" проводились за рік на площі понад 20 га, в основному в соснових деревостанах. Площі ділянок, на яких вони здійснювались, були невеликими (від 0,1 до 1,0 га). Після 2020 р. обсяг суцільних санітарних рубок істотно зменшився. Великі площі цих рубок у 2019-2020 рр. пояснюють тим, що в цей період на підприємстві здійснювали заходи з ліквідації наслідків вітровалів і буреломів. Варто зазначити, що саме пошкодження сосняків вітром (вітровал і бурелом) були основною причиною призначення суцільних санітарних рубок (табл. 3).

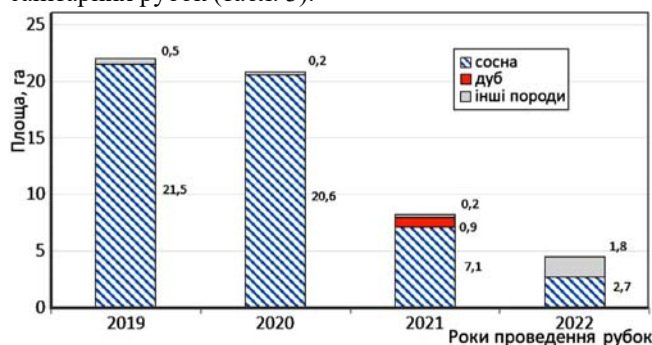


Рис. 5. Обсяги суцільних санітарних рубок на території підприємства, га / Areas of clear sanitary cuts on the territory of the enterprise, ha

Після прийняття змін до "Санітарних правил в лісах України" в 2016 р. суцільні санітарні рубки можна було проводити, якщо відносна повнота деревостану зменшувалася нижче 0,1, що було недоречним і неефективним з погляду оздоровлення насаджень цими рубками. У 2020 р. було внесено уточнення і підставою для відведення ділянок під суцільні санітарні рубки було зниження відносної повноти деревостану нижче 0,4. Упродовж 2019-2021 рр. площі суцільних санітарних рубок у сосняках становили 95,9-99,0 % від загальної площі санітарних рубок на підприємстві. У 2022 р. площі суцільних санітарних рубок істотно зменшилися, на сосняки припадало 60,0 %.

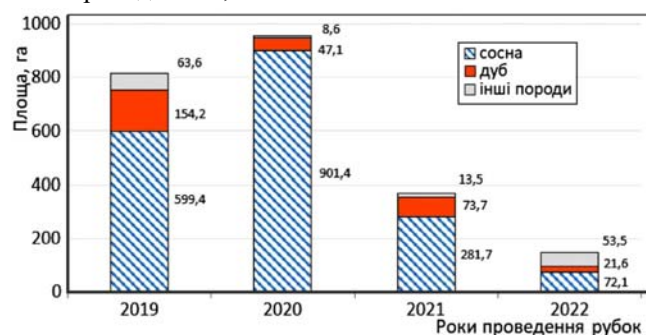


Рис. 6. Обсяги вибіркового санітарного рубки на території підприємства, га / Areas of the selective sanitary cuts on the territory of the enterprise, ha

Значно більшими були площі вибіркового санітарного рубки – у 2019 та 2020 рр. їхня площа становила 817,2 та 957,1 га (рис. 6). З них на соснові деревостани припадало 73,3 та 94,2 % відповідно. У 2021 та 2022 рр. пло-

ща вибіркового санітарного рубки зменшилися до 368,9 та 147,2 га. Зокрема вибірково санітарні рубки в сосняках становили 76,4 та 49,0 % від їх загального обсягу на підприємстві.

Здійснивши аналіз ділянок, на яких упродовж 2019-2022 рр. проводили вибірково санітарні рубки, з'ясовано, що основною причиною призначення таких заходів було формування осередків масового розмноження короїдів у комплексі з офіостомовими грибами, а також вітровал і бурелом (табл. 3). Поширені у лісостанах сосни також і небезпечні збудники коренових гнилей – коренева губка (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.) та опеньок осінній (*Armillaria mellea* S.L.). За сучасних умов на території підприємства ці патогени є чинником, який провокує виникнення хронічних осередків масового розмноження комах камбіофагів.

Табл. 3. Причини відводу насаджень під проведення вибіркового санітарного рубки (% від площі цих рубок) / Reasons for appointment of the selective sanitary cuts (% of the area of these cuts)

Причина призначення рубки	Рік проведення рубки			
	2019	2020	2021	2022
Вітровал, бурелом	18,2	96,0	53,9	23,3
Комплексні осередки камбіофагів і офіостомових грибів	67,9	3,4	42,6	69,5
Кореневі і стовбурові гнилі	0,1	0,6	3,5	7,2
Диплодіоз	13,8	—	—	—
Всього	100,0	100,0	100,0	100,0

На наш погляд, попередня лісгосподарська діяльність, спрямована на створення та вирощування одновікових деревостанів із значною перевагою у складі сосни звичайної, сприяє формуванню осередків масового розмноження короїдів і інших комах-камбіофагів за найменшого ослаблення насаджень, спричинених кліматичними флуктуаціями. В ослаблених сосняках створюють передумови для прояву різних патологічних чинників. Зокрема, у деревостанах, пошкоджених вітром, завжди присутні комахи-камбіофаги і навпаки – в осередках камбіофагів є вітровальні та буреломні дерева. Ураження дерев кореновими та стовбуровими гнилями сприяє їх пошкодженню вітром. У деревостанах старшого віку сосну уражає омела австрійська (*Viscum album* SSP. *austriacum* (Wiesb.) Volm.).

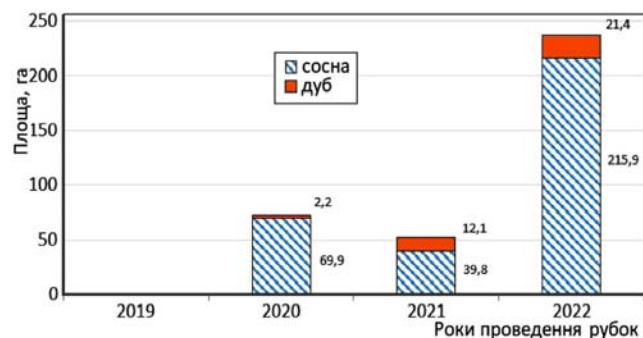


Рис. 7. Обсяги рубки переформування насаджень на території підприємства, га / Areas of conversion cuts on the territory of the enterprise, ha

Починаючи з 2020 р. на підприємстві розпочали проведення рубки переформування у чистих похідних сосняках (рис. 7), під час яких насамперед вирубують хворі та пошкоджені дерева. Загалом, рубки переформування розраховані на створення умов для різновікової, багаторувної структури деревостанів за участю у складі різних деревних видів. Проведення рубки пере-

формування дає змогу заготовляти та використовувати деревину за одночасного збереження середовищевірних функцій лісу [16].

Прогностичні моделі можливих змін поширення деревостанів різних деревних видів, виконані з урахуванням можливих змін клімату, показують погіршення умов для розвитку сосни звичайної та зменшення ареалу її поширення [7]. На думку авторів цього дослідження, деревні види за реакцією на прогнозовані зміни клімату можна поділити на три групи: "переможці" – переважно пізньосукцесійні види: ялиця біла (*Abies alba*), бук лісовий (*Fagus sylvatica*), ясен звичайний (*Fraxinus excelsior*), дуби звичайний та скельний (*Quercus robur* і *Q. petraea*); "невдахи" – переважно породи-піонери: береза повисла (*Betula pendula*), модрина європейська (*Larix decidua*), ялина звичайна (*Picea abies*), сосна звичайна (*Pinus sylvestris*). До третьої групи віднесено чужорідні види – дугласію (*Pseudotsuga menziesii*), дуб червоний (*Quercus rubra*) та робінію звичайну (*Robinia pseudoacacia*), які також можна вважати "переможцями", оскільки вони мають здатність до подальшого розширення свого ареалу. Потепління клімату та зміни кількості опадів призведуть до того, що ареал сосни звичайної в Європі (та в Україні зокрема) за оптимістичного та песимістичного сценаріїв змін клімату буде скорочуватися [7]. Екологічні наслідки прогнозованого скорочення ареалу будуть серйозними як для управління лісами, так і для охорони природи. З огляду на це, нагальним завданням стає перебудова наявних сосняків і формування мішаних різновікових деревостанів, що дасть змогу зменшити негативний вплив кліматичних змін на соснові ліси.

Загалом, можливі різні стратегії управління лісами з урахуванням імовірних кліматичних змін [4]: збереження наявних лісових насаджень; активна адаптація лісів до змін клімату; пасивна адаптація до змін клімату. Застосування таких стратегій визначається метою, яку ставить власники лісів, та особливостями розвитку насаджень.

Для філії "Рава-Руське ЛГ" стратегія *збереження наявних лісових насаджень* передбачає виконання заходів із підтримання та збереження наявної структури насаджень навіть всупереч сукцесійним процесам, які зрештою будуть відбуватися внаслідок зміни клімату. Така стратегія доцільна у високопродуктивних соснових насадженнях старшого віку, деревина з яких має високу економічну цінність, та які проявляють значну стійкість до кліматичних змін. Стосовно сосняків у цьому разі невідкладним завданням стає запобігання розвитку патогенних грибів, хвоєгризних комах та камбіофагів. Саме активізація гетеротрофного патогенного блоку в лісостанах може бути причиною різкого погіршення санітарного стану та відмирання дерев сосни. Зрештою, активними заходами із запобігання поширенню камбіофагів можна певною мірою стримати розростання їх осередків.

Активна адаптація передбачає використання методів лісівництва для зміни структури та складу насаджень так, щоб вони стали пристосованішими до впливів кліматичних змін, ніж це було б за їх природного розвитку. З цією метою в умовах філії рекомендують: застосовувати доглядів рубання для сприяння формуванню мішаних різновікових сосново-листяних деревостанів; створювати прогалини у насадженнях старшого віку та розпушувати ґрунт для появи і кращого роз-

витку самосіву; створювати піднаметові лісові культури. Ця стратегія також враховує активне переформування насаджень з метою заміни чутливих до зміни клімату порід стійкими видами дерев. Рубки переформування доцільно застосовувати у середньовікових соснових насадженнях підприємства, стан яких має тенденцію до погіршення внаслідок зміни клімату.

Стратегія *пасивної адаптації* передбачає використання спонтанних сукцесійних змін у насадженнях унаслідок природного відновлення дерев і міграції видів. У цьому разі не потрібні капітальні вкладення чи виконання активних лісогосподарських заходів. Однак лісівники у цьому разі не мають змоги контролювати зміни у складі та структурі насаджень, що є важливим для подальшого функціонування лісу. Цей варіант доцільно застосовувати у лісових насадженнях, які мають низьку екологічну або економічну цінність, або якщо витрати на переформування насаджень не дають змоги досягти якогось конкретного результату (є екологічно недоцільні та економічно не вигідні).

На наш погляд, у соснових деревостанах філії "Рава-Руське ЛГ" найдоцільніше застосувати метод активної адаптації до змін клімату. Район розташування підприємства дає змогу здійснювати лісогосподарські заходи всією територією, транспортна доступність є практично до всіх ділянок соснових лісостанів. Система заходів, яку ми пропонуємо, ґрунтується на роботах українських і зарубіжних учених [4, 13, 20, 30]. Вона повинна охоплювати кілька блоків, які потрібно починати здійснювати вже найближчим часом (рис. 8).

Зокрема, загальний напрямок адаптації насаджень до зміни клімату на підприємстві полягає у максимальному збереженні в лісах води [13], що пом'якшить негативний вплив посушливих періодів. З цією метою доцільно створювати каскади та загати на річках і струмках, сприяти поселенню та охороні бобрів. Важливим питанням є регулювання кількості води в меліоративних каналах поряд із лісовими масивами підприємства. Потрібно також максимально охороняти та зберігати компоненти природних екосистем (болота, торф'яники, лісові луки та галявини). Це дасть змогу акумулювати воду, яка надходить із опадами, та водночас буде сприяти збільшенню кількості корисних організмів у лісах.

З метою адаптації насаджень до кліматичних змін пропонуємо також проведення рубок переформування у середньовікових деревостанах сосни. Період та терміни виконання цих робіт будуть залежати від виробничих можливостей підприємства. Загалом, доцільно звернути увагу на забезпечення природного поновлення сосни за участю листяних порід. Природне поновлення сосни є більш стійким та краще адаптується до едафокліматичних умов лісових ділянок, порівняно із штучним лісовідновленням [13, 21]. Якщо листяних порід не достатньо у складі деревостанів, їх варто вводити у спосіб створення лісових (піднаметових) культур, застосовуючи, зазвичай, садивний матеріал із закритою кореневою системою. Під намет сосняків віком 40-60 років доцільно вводити листяні деревні види, які можуть формувати другий ярус, підвищувати біорізноманіття насаджень та впливати на стійкість майбутніх лісів до кліматичних змін. З цією метою доцільно висаджувати бук лісовий, граб звичайний, клен гостролистий, клен-явір, а в прогалинах – дуб звичайний.

Максимальне збереження та регулювання води у лісостанах	• Очищення наявних струмків та джерел; • Створення каскадів та загат на річках і струмках; • Охорона та приваблювання (розселення) бобрів; • Охорона і збереження компонентів природних екосистем (боліт, торф'яників, лісових лук та галявин тощо);
Переформування насаджень для створення мішаних різновікових деревостанів з участю у складі сосни	• Проведення рубок переформування у середньовікових деревостанах; • Введення під намет соснових насаджень бука, граба, кленів, дуба (створення піднаметових культур); • Сприяння природному поновленню сосни та листяних порід; • Закладання реміз у чистих соснових насадженнях;
Заходи з попередження розвитку та поширення патогенів і потенційних шкідників лісу	• Сприяння розвитку та охорона комах-ентомофагів; • Сприяння розвитку комахоїдних птахів, кажанів та інших хребетних тварин; • Своєчасне вирубування та вивезення на переробку свіжозаселених короїдами дерев; • Корування пнів та інші заходи з попередження розвитку коренових гнилей; • Подрібнення порубкових решток.

Рис. 8. Загальна схема заходів із адаптації соснових насаджень філії "Рава-Руське ЛГ" до змін клімату / General scheme of measures for adaptation of Scots pine plantations in the branch "Rava-Ruske LG" to climate change

Важливим заходом, який дасть змогу привабити в насадження корисних комах-ентомофагів, птахів і інших комахоїдних хребетних тварин, є закладання реміз у чистих сосняках до або зразу після змикання лісових культур. Для створення реміз висаджують нектароносні та плодово-ягідні кущі, висівають нектароносні трави, висаджують листяні дерева. У таких ремізах гніздяться птахи, які освоюють різні яруси насаджень та влаштовують гнізда на поверхні ґрунту, на кущах, деревах. Тут знаходять умови для розвитку також їжаки, плазуни та інші комахоїдні тварини. Такі заходи спрямовані на запобігання масовому розвитку хвоєгризних комах у сосняках.

Заходи із запобігання поширенню комах-камбіофагів є важливим чинником підтримання стабільності середньовікових, пристигаючих і стиглих деревостанів сосни звичайної на території філії "Рава-Руське ЛГ". З цією метою необхідно вчасно вирубувати та вивозити на перероблення свіжозаселені короїдами дерева. На ділянках, де проводили рубання, доцільно подрібнювати порубкові рештки, оскільки в умовах підприємства вони тривалий час придатні для заселення та розвитку короїда верхівкового, лубоїда малого соснового та інших видів камбіофагів, які розвиваються в ділянках тонкої кори та на гілках. Під час рубок у сосняках також потрібно корчувати свіжі пні. Цей доволі простий метод дасть змогу зменшити ймовірність зараження та розвитку збудників коренових гнилей кореневої губки (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.) та опенька осіннього (*Armillaria mellea* s.l.).

Обговорення результатів дослідження. За прогнозами польських дослідників, потепління клімату та зміни кількості опадів можуть призвести до того, що ареал сосни звичайної в Європі (та в Україні зокрема) за оптимістичного та песимістичного сценаріїв змін клімату буде скорочуватися [7]. Екологічні наслідки прогнозованого скорочення ареалу будуть серйозними як для управління лісами, так і для охорони природи. З огляду на це, актуальним завданням стає перебудова наявних сосняків і формування мішаних різновікових деревостанів, що дасть змогу зменшити негативний вплив кліматичних змін на соснові ліси.

Польські та німецькі науковці рекомендують віддавати перевагу природному поновленню соснових лісів [1, 18, 21, 27]. Сосна звичайна – порода з високою екологічною пластичністю, яка росте як у вологих, так і в су-

хих гіротопах, на ґрунтах різної трофності. На нашу думку, природне поновлення може забезпечити формування майбутніх насаджень з участю у складі сосни, які будуть більше пристосовані до змінених кліматичних умов.

Аналіз іноземних публікацій показав, що для адаптації лісів до змін клімату та підвищення біологічної стійкості соснових насаджень потрібно з молодого віку проводити доглядові рубання з метою регулювання просторової і вертикальної структури деревостанів [4, 20]. Експериментальні дослідження українських науковців показали, що рівномірно-поступові і групово-поступові рубки головного користування забезпечують добре природне поновлення сосни звичайної [19]. З метою адаптації лісів до змін клімату потрібно ширше застосовувати рубки переформування. Вони сприяють покращенню санітарного стану деревостанів, збільшують площу живлення і вітальність дерев. Переформування чистих хвойних лісостанів, зокрема сосняків, активно здійснюють лісівники Німеччини [17, 18]. Загалом, введення листяних порід до складу чистих соснових одновікових деревостанів і формування їх різновіковості підвищує їхню стійкість до комах-фітофагів і збудників коренових гнилей та інших патогенів сосни. Водночас, у змішаних хвойно-листяних насадженнях створюються кращі умови для розвитку корисних організмів (птахів, хребетних і безхребетних тварин, комах-ентомофагів і сапро- і ксилотрофних видів), збільшується флористичне біорізноманіття. Наявність опадів листяних порід сприяє швидшій мінералізації підстилки [11, 25], покращує гідрологічний режим ґрунту та зменшує ймовірність виникнення лісових пожеж [17].

Для покращення природного поновлення сосни звичайної у рік рубки доцільно проводити мінералізацію ґрунту [1]. Результати наукових досліджень у Скандинавії показали, що густина сіянців сосни збільшувалася з інтенсивністю мінералізації ґрунту [29].

Дослідження в Німеччині показали добрі результати від впровадження під намет сосняків бука [18, 34]: його опад збагачує ґрунт, особливо у бідніших лісорослинних умовах; молоді дерева бука тіньовитривалі та добре розвиваються під наметом соснового деревостану, який водночас захищає їх від заморозків. Впровадження у сосняки листяних порід покращує родючість ґрунту [26], підвищує біотичну стійкість таких насаджень до патогенів, сприяє кращому приросту і продуктивності деревостанів [25, 32].

Отже, за результатами виконаної роботи можна сформулювати такі наукову новизну та практичну значущість результатів дослідження.

Наукова новизна отриманих результатів дослідження – на регіональному рівні вперше запропоновано систему науково обґрунтованих заходів із адаптації соснових насаджень до змін клімату.

Практична значущість отриманих результатів – підвищення біотичної стійкості сосняків дасть змогу забезпечити тривале невиснажливе використання лісових ресурсів за одночасного виконання ними середовищевих функцій.

Висновки / Conclusions

Сосна звичайна є панівним деревним видом на території філії "Рава-Руське ЛП". Внаслідок зміни клімату за останні роки погіршується стан соснових лісів на території підприємства, що призвело до необхідності здійснення вибіркового і суцільного санітарного рубок.

Встановлено, що переважна більшість соснових насаджень філії "Рава-Руське ЛП" росте в умовах свіжого (B_2) та вологого субору (B_3) – 22,8 та 32,5 %; 29,2 % від площі сосняків ростуть у сугрудах (C_3), де сосна може формувати складні насадження за участю дуба звичайного, бука лісового та інших листяних порід.

З'ясовано, що більшості сосняків підприємства – одновікові деревостани, у складі яких частка сосни звичайної становить 8-10 одиниць. Переважна більшість соснових насаджень відзначається високою продуктивністю – деревостани I та вищих класів бонітету займають 75,3 % від площі сосняків. На території філії "Рава-Руське ЛП" переважають середньоповнотні соснові деревостани, частка яких становить 72,0 % площі насаджень природного походження та 69,2 % – від площі насаджень штучного походження.

Виявлено, що спрощена вертикальна структура одновікових насаджень робить їх вразливими до тривалої посухи і провокує розвиток та швидке поширення патогенних організмів (зокрема – збудників коренових гнилей) і комах камбіофагів. На території підприємства основним методом боротьби із висиханням соснових деревостанів є суцільні і вибірково санітарні рубки.

Рекомендовано для філії "Рава-Руське ЛП" застосувати метод активної адаптації соснових деревостанів до змін клімату, який передбачає їх переформування, проведення доглядових рубань та застосування активних заходів боротьби із комахами-камбіофагами і збудниками хвороб.

Подяка: роботу виконано за підтримки гранту Національного фонду досліджень України (реєстраційний номер проекту 2021.01/0184).

References

1. Aleksandrowicz-Trzeńska, M., Drozdowski, S., Studnicki, M., & Żybura, H. (2018). Effects of Site Preparation Methods on the Establishment and Natural-Regeneration Traits of Scots Pines (*Pinus sylvestris* L.) in Northeastern Poland. *Forests*, 9(11), 717. <https://doi.org/10.3390/f9110717>
2. Babichenko, V., Nikolaeva, N., Rudishina, S., & Guschina, L. (2009). Springtime coming (transition of mean daily air temperature values over 0°C) in Ukraine under conditions of modern climate. *Ukrainian Geographical Journal*, 1, 25–35. URL: <https://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/4877/05-Babichenko.pdf?sequence=1>. [In Ukrainian].
3. Boczon, A. (2006). Charakterystyka warunków termiczno-pluwialnych w Puszczy Białowiejskiej w latach 1950-2003. *Lesne Prace Badawcze*, 1, 57–72. URL: <https://bibliotekanauki.pl/articles/46362>. [In Polish].
4. Bolte, A., Ammer, C., Löf, M., Madsen, P., Nabuurs, G. – J., Schall, P., Spathelf, P., & Rock, J. (2009). Adaptive forest management in central Europe: Climate change impacts, strategies and integrative concept. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 24(6), 473–482. URL: <https://doi.org/10.1080/02827580903418224>
5. Bondar, V. N. (2019). Reasons and consequences of worsening of forests vitality and forest ecosystems degradation in Ukraine. *Pine forests: current status, existing problems and ways to solve them: Proceedings of the international scientific-practical conference*. Kyiv: Planeta-print, 8–16.
6. Debrynyuk, Y. M., Fuchylo, Y. D., & Guz, M. M. (2020). *Plantation forestry*. Lviv: Galicia Publishing Union. URL: <https://manusbook.com/9063-Debruniuk-Plantacii-Promo/2/>. [In Ukrainian].
7. Dyderski, M. K., Paż, S., Frelich, L. E., & Jagodziński, A. M. (2018). How much does climate change threaten European forest tree species distributions? *Global Change Biology*, 24(3), 1150–1163. <https://doi.org/10.1111/gcb.13925>
8. Hlásny, T., Krokene, P., Liebhold, A., Montagné-Huck, C., Müller, J., Qin, H., & Viiri, H. (2019). *Living with bark beetles: Impacts, outlook and management options*. From Science to Policy, 8. <https://doi.org/10.36333/fs08>
9. Horychuk, A. F., Reshetnyk, L. L., & Maksymchuk, N. V. (2012). *Methods of forest pathology examinations*. Zhytomyr: Polissia. [In Ukrainian].
10. Jabłoński, T., Tarwacki, G., & Sukovata, L. (2019). Pine forest condition in Poland in 2015-2018. *Pine Forests: Current status, existing challenges and ways forward. Proceedings of International Scientific and Practical Conference*. Kyiv, 83–88.
11. Knoke, T., Ammer, C., Stimm, B., & Mosandl, R. (2008). Admixing broadleaved to coniferous tree species: a review on yield, ecological stability and economics. *European Journal of Forest Research*, 127, 89–101. <https://doi.org/10.1007/s10342-007-0186-2>
12. Kramarets, V. A., & Krynytskyi, H. T. (2009). Assessment and possible threats to the survival of the spruce forests of the Carpathians in connection with climate change. *Scientific Bulletin of UNFU*, 19(15), 38–50. URL: https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2009/19_15/38_Kra.pdf. [In Ukrainian].
13. Krynytskyi, G. T., Kramarets, V. O., & Matsyakh, I. P. (2019). Forestry and ecological principles of pine forests preservation. In *Pine forests: current status, existing problems and ways to solve them: Proceedings of the international scientific-practical conference*. Kyiv: Planeta-print, 42–54. [In Ukrainian].
14. Krynytskyi, G. T., Mazepa, V. G., Novak, A. A., & Dankevich, S. M. (2013). Dynamic climate trends of the Western Forest-Steppe of Ukraine and their influence on the sanitary condition of forest stands. *Scientific Bulletin of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 187, 254–263. URL: https://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_lis_2013_187_1_42. [In Ukrainian].
15. Krynytskyi, G. T., & Kramarets, V. O. (2012). "Sanitary rules in forests of Ukraine" – some debatable aspects. *Scientific Bulletin of UNFU*, 22(3), 8–15. URL: https://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnltu_2012_22_3. [In Ukrainian].
16. Krynytskyi, H. T., Cherniavskyy, M. V., Derbal Y. Y., Delehan, I. V., Myklush, S. I., Parpan, V. I., & Jaloviar, P. (2014). Close-to-nature and multifunctional forest management in the Carpathian region of Ukraine and Slovakia. Uzhgorod: PE "Kolo". URL: <https://www.forza.org.ua/uk/nablizhene-do-prirodi-ta-bagato-funkcionalne-vedennya-lisovogo-gospodarstva-v-karpatskomu-regioni>. [In Ukrainian].
17. Lavnyy, V. V. (2019). Adaptation of pine forests to climate change: the German experience. Abstracts of the reports of the International science and practice conference "Forest typology as the basis of forestry close to nature". Kyiv, 44–45. URL: https://nbuv.gov.ua/sites/default/files/u32/zbirnik_tez.pdf#page=45. [In Ukrainian].
18. Lavnyy, V., & Spathelf, P. (2016). Close to nature forestry practices in pine forests in Northeast Germany. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 14, 52–57. URL:

- <https://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu/article/view/39/17>. [In Ukrainian].
19. Lavnyy, V., Spathelf, P., Kravchuk, R., Vytseha, R., & Yakhnytskyk, V. (2022). Silvicultural options to promote natural regeneration of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in Western Ukrainian forests. *Journal of Forest Science*, 68(8), 298–310. <https://doi.org/10.17221/73/2022-JFS>
 20. Lindner, M., Maroschek, M., Netherer, S., Kremer, A., Barbati, A., Garcia-Gonzalo, J., & Marchetti, M. (2010). Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*, 259(4), 698–709. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.09.023>
 21. Maurer, V. M., Gordienko, M. I., Brovko, F. M., Fuchylo, Y. D., Pinchuk, A. P., Kychylyuk, O. V., & Ivanyuk, I. V. (2009). Theoretical and technological foundations of forest reproduction on the basis of ecologically oriented forestry. *Scientific and technical information*, 2. URL: https://wood.openforest.org.ua/wp-content/uploads/2020/02/nti_2.pdf. [In Ukrainian].
 22. Meshkova, V. L. (2009). *Seasonal development of conifer-gnawing insects*. Kharkiv: New word. [In Ukrainian].
 23. Meshkova, V. L., Kukina, O. M., Skrylnyk, Yu. Ye., Zinchenko, O. V., Sokolova, I. M., Davydenko, K. V., & Koshelyaeva, Ya. V. (2020). *Methodological guidelines for monitoring, recording and forecasting the spread of forest pests and diseases for the flat part of Ukraine*. Kharkiv: LLC Planeta-Print. URL: https://uriffm.org.ua/static/main/files/method_naglyad_oblik_prognoz.pdf. [In Ukrainian].
 24. Pierzgański, E., Boczon, A., & Tyszk, J. (2002). Zmniejszenie opadów i położenia wód gruntowych w Białowiejskim Parku Narodowym. *Kosmos. Problemy Nauk Biologicznych*, 4, 415–425. URL: <https://kosmos.ptpk.org/index.php/Kosmos/article/view/1487/1466>. [In Polish].
 25. Pretzsch, H., Bielak, K., Bruchwald, A., Dieler, J., Dudzińska, M., Erhart, H. – P., & Zingg, A. (2013). Mischung und Produktivität von Waldbeständen. Ergebnisse langfristiger ertragskundlicher Versuche. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, 184 (7/8), 177–196. URL: https://waldwachstum.wzw.tum.de/fileadmin/publications/2013_Mischung_und_Produktivitaet_Pretzsch_et_al.pdf
 26. Prietzel, J. (2004). Humusveränderungen nach Einbringung von Buche und Eiche in Kiefernreinbestände. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 167, 428–438. <https://doi.org/10.1002/jpln.200421363>
 27. Przybylski, P., Konatowska, M., Jastrzębowski, S., Tereba, A., Mohytych, V., Tyburski, L., & Rutkowski, P. (2021). The Possibility of Regenerating a Pine Stand through Natural Regeneration. *Forests* 2021, 12. <https://doi.org/10.3390/f12081055>
 28. Sanitary regulations in the forests of Ukraine. (2020). Approved by Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 1224 dated December 9, 2020. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-95-%D0%BF#Text>. [In Ukrainian].
 29. Saurasunet, M., Mathisen, K. M., & Skarpe, C. (2018). Effects of Increased Soil Scarification Intensity on Natural Regeneration of Scots Pine *Pinus sylvestris* L. and Birch *Betula* spp. L. *Forests*, 9(5), 262. <https://doi.org/10.3390/f9050262>
 30. Seidl, R., Thom, D., Kautz, M., Martin-Benito, D., Peltoniemi, M., Vacchiano, G., & Reyer, C. P. O. (2017). Forest disturbances under climate change. *Nature climate change*, 7, 395–402. <https://doi.org/10.1038/nclimate3303>
 31. Tkach, V. (2012). Forests and forest cover of Ukraine: the current state and perspectives of development. *Ukrainian Geographical Journal*, 2, 49–55. URL: https://ukrgeojournal.org.ua/sites/default/files/UGJ-2012-2-49_0.pdf. [In Ukrainian].
 32. Tkach, V. P., & Meshkova, V. L. (2019). Modern problems of formation and reproduction of biologically sustainable pine forests of Ukraine in the conditions of climate change. *Pine forests: current status, existing problems and ways to solve them*: Proceedings of the international scientific-practical conference. Kyiv: Planeta-print, 70–78. [In Ukrainian].
 33. Toreti, A., Bavera, D., Acosta Navarro, J., Arias-Muñoz, C., Barbosa, P., De Jager, A., & Salamon, P. (2023). *Drought in Europe – August 2023*. Publications Office of the European Union, Luxembourg. URL: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC135032>
 34. Wagner, S. (1994). Einbringung von Laubbaumarten in Kiefernbestände auf armen Sanden im Nordosten Niedersachsens. *Forstarchiv*, 65, 3–9.
 35. Xanke, J., & Liesch, T. (2022). Quantification and possible causes of declining groundwater resources in the Euro-Mediterranean region from 2003 to 2020. *Hydrogeology Journal*, 30, 379–400. <https://doi.org/10.1007/s10040-021-02448-3>
 36. Yermeyev, V., & Yefimov, V. (2003). Regional aspects of global climate change. *Visnyk of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 2, 14–19. URL: <https://visnyk-nanu.org.ua/ojs/index.php/v/article/view/4215>. [In Ukrainian].

V. O. Kramarets, H. T. Krynytskyk, M. M. Korol, V. V. Lavnyy

Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine

ADAPTATION OF SCOTS PINE PLANTATIONS TO CLIMATE CHANGES (ON THE EXAMPLE OF THE BRANCH "RAVA-RUSKA FORESTRY")

The current state of Scots pine plantations, which are dominated on the territory of the branch "Rava-Ruska Forestry", was studied. The distribution of the Scots pine forests of these enterprise by categories of the main functions they are perform is presented. It has been recognized that 63.4 % belong to the category of exploitation forests, quite significant areas (28.1 %) belong to recreational forests. The distribution of areas covered with forest vegetation by tree species is presented. The share of Scots pine stands in the "Rava-Ruska Forestry" branch is 18,000 hectares or 64.3 % of the area covered by forest vegetation. In the conditions of the enterprise, pine stands of artificial origin prevail (72.2 %). It was found that most of the company's pine forests are even aged stands, in which the share of Scots pine is 8-10 units. The area of pure pine stands is 49.8 % among forest plantations and 43.9 % among pine forests of natural origin. The vast majority of pine plantations are characterized by high productivity – stands of I and higher site classes occupy 75.3 % of the area of pine forests. On the territory of the "Rava-Ruska Forestry" branch predominates the medium-density pine stands, the share of which is 72.0 % of the area of natural pine forests and 69.2 % – of the area of artificial pine plantations. It was established that the simplified structure of monocultures of the same age makes them vulnerable to climatic changes, in particular to dry periods. Climatic factors and the lowering of the groundwater level lead to the deterioration of the condition of pine forests. It was found that the reason for the appointment and carrying out of sanitary felling in pine forests on the territory of the enterprise is most often damage to the plantations by wind (windfall, windbreak), the development of complex centers of cambiohage insects and fungi of the genus *Ophiostoma*. In order to adapt the company's pine plantations to climate change, an active adaptation strategy is proposed, which includes measures to maximize water conservation in forest stands, transformation pure pine plantations into mixed stands of different ages, and prevent the spread and development of pathogens and potential forest pests.

Keywords: *Pinus sylvestris* L.; forest mensuration indexes; state of stands; sanitary cuts; conversion cuts; silvicultural measures.