



В. М. Турко¹, А. В. Вишневецький¹, Ю. В. Сірук¹, О. В. Жуковський²

¹ Поліський національний університет, м. Житомир, Україна

² Поліський філіал УкрНДЛГА ім. Г. М. Висоцького, с. Довжик, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ЛІСОВІДНОВЛЕННЯ В ОСЕРЕДКАХ КОРЕНЕВОЇ ГУБКИ В СОСНЯКАХ СВІЖИХ СУБОРІВ ЖИТОМИРСЬКОГО ПОЛІССЯ

Досліджено сучасний стан насаджень сосни звичайної та процеси лісовідновлення в осередках кореневої губки, а також вплив на природне поновлення змін погодних умов у свіжих суборах Житомирського Полісся. Дослідження здійснено у Богунському лісництві філії "Коростенське лісомисливське господарство" ДП "Ліси України" в осередках всихання сосни звичайної від кореневої губки різного ступеня розвитку. Використано методики порівняльної екології, лісознавства, лісівництва, ботаніки та лісової таксації. З'ясовано, що процеси диференціації дерев за категоріями стану ураження збудником кореневої губки сосни звичайної в осередках всихання відбуваються з більшою інтенсивністю порівняно зі сосновими деревостанами у міжосередковому просторі. Встановлено, що в осередках розвитку кореневої губки кількість дерев на одному гектарі зменшується у середньому на 37,0 %, ступінь розладнання сосняків, уражених кореневою губкою, є слабким. В осередку зберігається 25–33,0 % дерев без ознак ураження збудником кореневої губки сосни звичайної, що може свідчити про їхню стійкість до патогену. Неуражені дерева сосни звичайної можуть бути хорошим генотипом для природного відновлення лісів. Живе надгрунтове вкриття на контролі є притаманним для свіжих суборів, а в осередках на пізніх стадіях розвитку – для вологих суборів. Успішність процесу природного поновлення є задовільною у міжосередковому просторі та виникаючих осередках всихання та доброю – у діючих та затухаючих осередках всихання. У затухаючих осередках всихання середня кількість підросту листяних порід збільшилася до 69,0 %, основними породами є береза повисла і дуб звичайний. Ростові показники соснового підросту є вищими і більшими у затухаючих осередках. Гідротермічний коефіцієнт Полісся за останнє десятиріччя відповідає значенню ГТК Лісостепу. Недостатня кількість опадів у вегетаційний період погіршує ріст та відновлення сосни звичайної.

Ключові слова: *Pinus sylvestris* L.; *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.; підріст; відпад; санітарний стан; виникаючі, діючі та затухаючі осередки.

Вступ / Introduction

Багаторічний досвід ведення лісового господарства за умов антропогенного навантаження у філії "Коростенське лісомисливське господарство" ДП "Ліси України" та відомчі матеріали з лісовідновлення свідчать про те, що орієнтуватись на появу стійкого природного поновлення до збудника кореневої губки *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. у деревостанах сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) не є завжди виправданим. Створення чистих соснових культур призводить до того, що в штучних насадженнях порушується природний процес зміни поколінь, знижується біологічна стійкість лісових біоценозів [38, 41]. Результатом цього є масовий розвиток осередків шкідливих комах і хвороб, особливо кореневої гнилі, спричиненої грибом кореневої губки. Одним

з негативних наслідків розвитку осередків корених гнилей зазначеного вище збудника є невизначеність у можливості природного поновлення хвойних порід. Окрім цього, на лісовідновлення впливають погодні умови, що спричиняють зміну хвойних порід листяними.

Об'єкт дослідження – створені на староорних землях насадження сосни звичайної, що вийшли із-під сільськогосподарського користування.

Предмет дослідження – методи і засоби визначення санітарного стану соснових насаджень та встановлення успішності природного поновлення в осередках кореневої губки різного ступеня розвитку.

Мета роботи – встановити закономірності відновлення та формування деревостанів у осередках кореневої губки різного ступеня розвитку в умовах суборів

Інформація про авторів:

Турко Василь Миколайович, канд. с.-г. наук, доцент, кафедра лісівництва, лісових культур та таксації лісу.

Email: vturko@i.ua; <https://orcid.org/0000-0003-4029-9599>

Вишневецький Анатолій Васильович, канд. с.-г. наук, доцент, кафедра лісівництва, лісових культур та таксації лісу, декан.

Email: vishnev.tolik@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0001-5381-1219>

Сірук Юрій Вікторович, канд. с.-г. наук, доцент, завідувач кафедри лісівництва, лісових культур та таксації лісу.

Email: qarpofof@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0002-4077-7485>

Жуковський Олег Валерійович, канд. с.-г. наук, ст. наук. співробітник, лабораторія лісівництва.

Email: zh_oleh2183@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0003-3351-9856>

Цитування за ДСТУ: Турко В. М., Вишневецький А. В., Сірук Ю. В., Жуковський О. В. Особливості лісовідновлення в осередках кореневої губки в сосняках свіжих суборів Житомирського Полісся. Науковий вісник НЛТУ України. 2023, т. 33, № 2. С. 38–44.

Citation APA: Turko, V. M., Vyshnevskiy, A. V., Siruk, Yu. V., & Zhukovskiy, O. V. (2023). Some peculiarities of reforestation in the root rot foci in fresh mixed conifer forests of Zhytomyr Polissya area. *Scientific Bulletin of UNFU*, 33(2), 38–44.

<https://doi.org/10.36930/40330205>

Житомирського Полісся.

Для досягнення зазначеної мети визначено такі основні завдання дослідження:

- проаналізувати розподіл дерев сосни звичайної за категоріями санітарного стану в осередках кореневої губки різного ступеня розвитку;
- виявити у цих осередках дерева без ознак ослаблення як потенціальних продуцентів самосіву сосни звичайної;
- здійснити облік і загальне оцінювання підросту в осередках всихання сосняків, спричинених кореневою губкою різного ступеня розвитку за суборових умов Житомирського Полісся.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Одним з найшкідливіших і найпоширеніших у світі дереворуйнівних грибів є коренева губка, що є збудником корневих гнилей [1, 12, 34]. Комплекс *Heterobasidion* містить три основні види грибів, всі вони трапляються у певних регіонах України на хвойних деревних породах [43]. Фінські дослідники на площі 1,2 га сосняку виявили близько 117 ізолятів грибів кореневої губки [28]. Ураження деревостанів сосни звичайної кореневою губкою впливає на їхню будову, повноту, запас, прирости та зімкнутість крон [8, 29, 37]. Осередок кореневої губки – це групове ураження дерев з вираженим їхнім патологічним ослабленням і всиханням, що супроводжується вітровалами. Осередком кореневої губки сосни звичайної вважається весь виділ, в якому виявлені уражені дерева [25, 40]. Дослідженнями виявлено, що в діючих та затухаючих осередках всихання соснових насаджень від кореневої губки зберігаються добре розвинені та здорові дерева [6, 25, 33]. Такі дерева можуть бути тим генетичним потенціалом, який буде сприяти природному поновленню лісу в осередках кореневої губки соснових насаджень.

Стійкість сосняків до кореневої губки залежить від морфології деревостану (густоти, зімкнутості намету, походження, віку) [37], екологічних чинників (грунтового покриву, вологозабезпечення, освітленості) [32, 36] та лісгосподарських заходів [4, 7, 14, 28], та водночас ця стійкість не є постійною величиною [13]. Окрім цього, стійкість соснових насаджень також залежить від фізіологічних процесів, зокрема і біохімічних [18, 23]. Кореневою губкою найчастіше уражаються лісові культури, створені на староорних землях, що вийшли із-під сільськогосподарського користування. Висока патогенність кореневої губки в осередках призводить до інтенсивного ураження дерев [15, 39].

Дослідженнями в осередках кореневої губки виявлено дещо вищу стійкість соснових насаджень природного походження. Це особливо актуально з огляду на те, що культури сосни звичайної частіше, ніж природні сосняки піддаються ураженню цим дереворуйнівним грибом. Стійкість соснових культур до ураження кореневою губкою може підвищуватися і внаслідок створення і формування мішаних насаджень [32, 37].

У соснових лісах процес формування флористичного різноманіття відбувається дуже повільно. Окрім цього, у борових типах лісорослинних умов вплив кореневої губки на стан сосняків є значно меншим, ніж у суборах. Зокрема, відзначають, що в насадженнях сосни звичайної низьких класів бонітету, які ростуть в умовах свіжих борів, поширення гриба практично не набуває значного характеру. Також наголошують на тому, що слабкішими до ураження кореневою губкою є хвойні деревні породи, які ростуть за продуктивніших лісорос-

линних умов. У суборах процес формування флористичного різноманітності йде набагато активніше. Але за цих умов відбувається суворий природний добір, і культури сосни звичайної швидко заглушуються підростом і поростою листяних супутніх деревних порід, що потребує вчасного проведення доглядових рубань [2, 5, 17]. Поява такого різноманіття в чистих культурах у вигляді живого надгрунтового покриву, підросту та підліску деревно-чагарникових порід істотно залежить від лісорослинних умов [30] та екологічних чинників [10, 44]. Зміни трав'яного покриву та деревного ярусу залежать насамперед від вологозабезпечення та освітленості [3, 36]. Окрім цього, ця зміна є однією з візуальних ознак наявності у насадженні збудника кореневої губки [13].

За наявності в осередках кореневої губки дерев без ознак ураження патогеном, можна орієнтуватись, що за сприятливих погодних умов для цих еда топів у врожайні роки цілком можливе успішне природне поновлення сосни звичайної. Проведені дослідження природного поновлення у 2016 р. в осередках кореневої губки показали, що в умовах свіжих суборів успішне природне поновлення виявлено на 75 % пробних площ. Також помічено сильний відпад природного поновлення в літні місяці: 2-3 річного підросту – до 60 %, старшого – близько 10 % [35]. Успішність лісовідновного процесу буде залежати від впливу багатьох факторів біотичного та абіотичного характеру. Тому дослідження ходу природного поновлення в осередках кореневої губки різного ступеня розвитку не тільки актуальні, але і своєчасні, враховуючи додатково фактори зміни умов у зоні Полісся України.

Матеріали та методи дослідження. Дослідження проводили упродовж 2019-2021 рр. у 25 виділі (площа 10,3 га), 23 кварталу Богунського лісництва філії "Коростенське лісомисливське господарство" ДП "Ліси України" в осередках всихання сосни звичайної від кореневої губки різного ступеня розвитку. Окрім цього, у міжосередковому просторі закладено контрольні пробні площі. Осередки мали округлу форму із діаметром 40-70 м. Таксаційна характеристика деревостану: склад – 8Сз2Бп; походження – штучне (1956 року створення), клас віку – VII, середня висота – 22,0 м, середній діаметр – 24,6 см, клас бонітету – II, тип лісорослинних умов – свіжий субір, відносна повнота – 0,8.

Усього обстежено 18 осередків всихання соснових деревостанів від збудника кореневої губки (по 6 осередків для кожної ступеня розвитку) та 6 проб в міжосередковому просторі (контроль). Середня площа пробних площ становила 0,1 га. На усіх пробних площах виконували суцільний переоблік дерев з диференціацією їх за категоріями санітарного стану, породою, ступенями товщини. Для характеристики санітарного стану насаджень визначали показник стану за формулою [31]:

$$I_c = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N k_j n_j,$$

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

Перебіг лісовідновного процесу досліджували на облікових майданчиках розміром 2×2 м, розташованих у шаховому порядку в кількості 50 шт. на ділянці. На кожному майданчику проводили облік молодих рослин

за групами висот (< 0,50, 0,51-1,50, > 1,51 м) та породами, відповідно до методики оцінювання успішності природного поновлення за шкалою УкрНДІЛГА. Вік для сосни встановлювали за мутовками, а для листяних порід – за зрізом на висоті кореневої шийки. Висоти та приріст у висоту (для сосни звичайної) вимірювали мірною лінійкою з градацією 1 см. Трапляння визначається співвідношенням облікових майданчиків з підростом до загальної їхньої кількості, у відсотках. За траплянням встановлюємо рівномірність розміщення молодого покоління по площі (рівномірне, нерівномірне, групове) [27]. А також проводили опис трав'яно-чагарничкового та мохового ярусів [42]. Проаналізовано архівні дані метеостанцій Житомир та Любашівка [20, 21].

Результати дослідження та їх обговорення / Research results and their discussion

Частка дерев сосни звичайної за санітарним станом без ознак ослаблення та ослаблених на контрольних ділянках у середньому становить 68,9 % (табл. 1). Тоді як у виникаючих осередках всихання сосняків, спричинених кореневою губкою, дерев сосни звичайної I та II категорій санітарного стану нараховується 56,6 %, у діючих осередках – 54,9 % та у затухаючих – 64,8 %. Загалом соснове насадження є ослабленим.

Табл. 1. Розподіл дерев сосни звичайної за категоріями санітарного стану в осередках всихання від збудника кореневої губки з різним ступенем розвитку / Distribution of Scots pine trees according to the categories of sanitary condition in the desiccation foci caused by the root rot pathogen with different degrees of development

Характеристика пробних площ	Обліковано дерев за категоріями стану, шт./га/%							Показник санітарного стану
	I	II	III	IV	V	VI	всього	
Міжосередковий простір (контроль)	87 / 39,2	66 / 29,7	54 / 24,3	6 / 2,7	6 / 2,7	3 / 1,4	222 / 100	2,0
Виникаючі осередки	57 / 27,6	60 / 29,0	51 / 24,6	21 / 10,1	12 / 5,8	6 / 2,9	207 / 100	2,5
Діючі осередки	48 / 25,8	54 / 29,1	45 / 24,2	24 / 12,9	6 / 3,2	9 / 4,8	186 / 100	2,4
Затухаючі осередки	54 / 33,3	51 / 31,5	42 / 25,9	9 / 5,6	3 / 1,8	3 / 1,8	162 / 100	2,2

Більшість цих рослин є рослинами-індикаторами свіжих суборових лісорослинних умов. Тоді, як у діючих і затухаючих осередках відбувається певна зміна живого трав'яно-чагарничкового ярусу. Він представлений рослинами-індикаторами, як характерні для вологих суборів, зокрема молінія голуба (*Molinia caerulea* (L.) Moench), одинарник європейський (*Trientalis europaea* L.), чорниця (*Vaccinium myrtillus* (L.)), гілокомій блискучий (*Hylocomium splendens* (Hedw.) Schimp.) та політріх звичайний (*Polytrichum commune* Hedw.) (у мікропониженнях). Виявлена динаміка видового складу живого надґрунтового покриву в осередках кореневої губки вказує на зміну гідрологічного режиму.

Під час досліджень осередків всихання деревостанів сосни звичайної проводили облік сходів та підросту.

Табл. 2. Характеристика підросту деревних порід в осередках всихання від збудника кореневої губки з різним ступенем розвитку / Characteristics of the woody species undergrowth in the desiccation foci caused by the root rot pathogen with different degrees of development

Пробна площа	Порода	Сходи, тис. шт./га	Кількість життєздатного підросту, тис. шт./га				Трапляння, %
			групи висот, м			всього	
			< 0,50	0,51-1,50	> 1,51		
1	2	3	4	5	6	7	8
Міжосередковий простір (контроль)	Сз	3,8	1,3	0,3	—	1,6	44
	Дз	—	0,5	0,1	—	0,6	18
	Бп	—	0,6	0,4	—	1,0	38
	Ос	—	—	0,1	—	0,1	6
	Гшз	—	—	0,1	—	0,1	2
	Разом:	3,8	2,4	1,0	—	3,4	46
Виникаючі осередки	Сз	4,4	1,2	0,4	0,1	1,7	56
	Дз	—	0,6	0,2	—	0,8	28

В осередках всихання сосни звичайної виявлено збільшення всихаючих і всохлих дерев, зокрема у виникаючих осередках свіжий сухостій і сухостій попередніх років становить 8,7 %, у діючих – 8,0 % та затухаючих – 3,6 %. Найбільше відпадає дерев у виникаючих осередках кореневої губки, тоді як у затухаючих всихання уповільнюється і наближається до природного рівня (контроль – 3,8 %). Розладнання насадження від кореневої губки є слабким [13].

У осередках кореневої губки з різним ступенем розвитку, що постійно виникають, та міжосередковому просторі живий надґрунтовий покрив складається з булавоносця сіруватого (*Corynephorus canescens* (L.) P. Beauv.), волошки сумської (*Psephellus sumensis* (Kalen.) Greuter), дзвоників круглолистих (*Campanula rotundifolia* L.), дроку красильного (*Genista tinctoria* L.), зінюваті руської (*Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex Wol.) Klask.), золотушника звичайного (*Solidago virgaurea* L.), костриці овечої (*Festuca ovina* L.), куничника наземного (*Calamagrostis epigejos* (L.) Roth), смовді гірської (*Oreoselinum majus* Garsault), суниць лісових (*Fragaria vesca* L.), тонконіга вузьколистого (*Poa angustifolia* L.), шавелю горобинного (*Rumex acetosella* L.) та плевроцію Шребера (*Pleurozium schreberi* Mitten).

Виявлено збільшення кількості світловибагливих листяних деревних порід на облікових майданчиках. Це зумовлено зменшенням відносної повноти насадження та зімкнутості лісового намету, зростанням надходження сонячної радіації під намет деревостанів лісових ділянок, змінами погодних умов і гідрологічного режиму лісового ґрунту. Частка лісотвірних листяних деревних порід зростає у два-три рази. За видовим складом поширені: дуб звичайний (*Quercus robur* L.), береза повисла (*Betula pendula* Roth.), вільха чорна (*Alnus glutinosa* (L.) Geartn.), дуб червоний (*Quercus rubra* L.), осика (*Populus tremula* L.), граб звичайний (*Carpinus betulus* L.), ясен звичайний (*Fraxinus excelsior* L.), груша звичайна (*Pyrus communis* L.), яблуня лісова (*Malus sylvestris* Mill.), вишня пташина (*Prunus avium* L.) (табл. 2).

1	2	3	4	5	6	7	8
	Бп	0,1	0,5	0,6	0,2	1,3	32
	Ос	—	—	0,1	—	0,1	6
	Ябл	—	0,1	—	—	0,1	2
	Гз	—	0,1	—	—	0,1	1
	Разом:	4,5	2,5	1,3	0,3	4,1	62
Діючі осередки	Сз	2,9	1,4	0,4	0,1	1,9	58
	Дз	0,1	0,5	0,4	0,1	1,0	32
	Бп	0,6	0,8	0,6	0,2	1,6	44
	Ос	—	0,2	0,1	—	0,3	12
	Влч	—	0,1	—	—	0,1	1
	Вп	—	0,1	—	—	0,1	1
	Разом:	3,6	3,1	1,5	0,4	5,0	68
Затухаючі осередки	Сз	1,6	1,0	0,8	0,2	2,0	56
	Дз	0,1	0,3	0,6	0,1	1,0	34
	Бп	1,1	0,9	1,2	0,3	2,4	68
	Ос	—	0,2	0,3	0,1	0,6	16
	Дчр	—	0,1	0,1	—	0,2	8
	Влч	—	0,1	—	—	0,1	2
	Яз	—	0,1	—	—	0,1	1
	Разом:	2,8	2,7	3,0	0,7	6,4	74

Примітка: Сз – сосна звичайна, Дз – дуб звичайний, Бп – береза повисла, Ос – осика, Гз – груша звичайна, Ябл – яблуня лісова, Дчр – дуб червоний, Гз – граб звичайний, Яз – ясен звичайний, Влч – вільха чорна, Вп – вишня пташина.

Рівномірність розміщення молодого покоління лісу (підросту) під наметом соснового деревостану є досить строкатою та залежить від лісівничо-типологічних та таксаційних параметрів будови деревостану. Під наметом, за відносної повноти 0,7 частка трапляння становить 46 %, а зі зменшенням повноти – 74 %. На контрольних ділянках і виникаючих осередках всихання сосняків підріст розподілений по площі нерівномірно (46 та 62 %), тоді як у діючих та затухаючих осередках всихання – рівномірно (68 і 74 %). Успішність процесу природного поновлення є задовільною на контролі та у виникаючих осередках і доброю – у діючих та затухаючих осередках.

Під час аналізу даних встановлено, що на контрольних площах життєздатний сосновий підріст становив у середньому 47,0 % від загальної кількості підросту, відповідно листяний підріст – 53,0 %. Середній склад підросту становить 5Сз3Бп2Дз+Ос+Гшз. Його вікова структура змінюється у межах 2-5 років (зрідка трапляється 6-7-річний підріст). Також у міжосередковому просторі наявна велика кількість сходів сосни звичайної.

У виникаючих осередках всихання на сосновий життєздатний підріст в середньому припадає 41,5 %, а на листяний – 58,5 % від загальної кількості підросту. Підріст становлять ті самі вікові групи та породний склад, що і на контрольних площах. Середній склад підросту – 4Сз3Бп2Дз1Ос+Гз+Ябл.

У діючих осередках всихання частка соснового життєздатного підросту в середньому становить 38,0 %, а листяного – зменшилась до 62,0 %. Порівняно з контролем у діючих осередках всихання частка соснового підросту зменшилась на 9,0 %, і відповідно, на цю величину збільшилась частка молодого покоління листяних порід. Склад життєздатного підросту в діючих осередках всихання дещо змінився порівняно з контролем і складається з 4Сз3Бп2Дз1Ос+Влч+Вп. Вікова структура життєздатного підросту змінюється у межах 2-8 років. Відбулося зменшення частки сходів сосни (80,6 %) порівняно з виникаючими осередками, але при цьому збільшилась частка сходів листяних порід до 19,4 %.

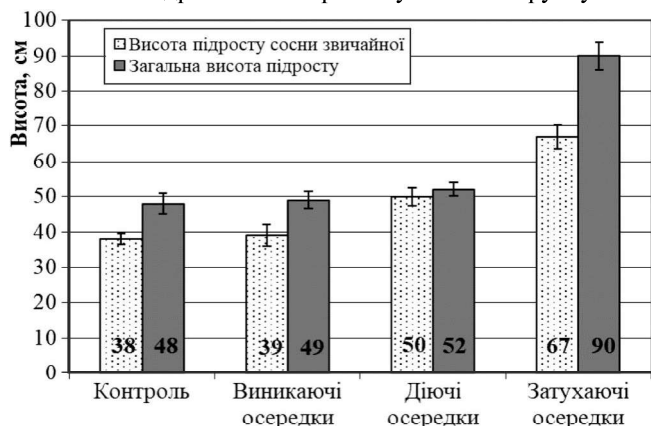
У затухаючих осередках всихання середня частка підросту сосни звичайної значно зменшилась порівняно

з контролем і становить 31 % від загальної кількості підросту, тоді як частка підросту листяних порід збільшилась до 69 %. Порівняно з наявними осередками змінився породний склад підросту 4Бп3Сз2Дз1Ос+Дчр+Влч+Яз. Підріст хвойних і листяних порід на всіх обстежених ділянках представлений віком до 10 років. Частка сходів сосни у цих осередках, порівняно з контролем, виникаючими і наявними осередками всихання, є найменшою. Збільшення ж кількості та трапляння листяних порід пов'язано зі зниженням повноти деревостану, змінами гідрологічного режиму лісових ділянок, утворенням вікон у лісовому наметі, в яких створюються сприятливі умови для природного відновлення швидкорослих деревних порід.

Отримані дані дають підставу припустити, що в осередках всихання може утворитися цілком достатня кількість життєздатного підросту різних деревних порід. У міжосередковому просторі середня кількість підросту становить 2000 шт./га, зокрема і соснового підросту 920 шт./га, у виникаючих осередках всихання – відповідно 2600 та 1030 шт./га, у діючих осередках – 3200 та 1120 шт./га і у затухаючих осередках – 4500 і 1350 шт./га. Отже, на ділянках лісу, що уражені збудником кореневої губки сосни звичайної, відбувається успішне природне лісовідновлення, зокрема і завдяки сосновому підросту. Та водночас частка соснового підросту непередбачувана, через дію біотичних (передусім шкідники і хвороби) й абіотичних (зміна гідрологічного режиму і погодних умов) чинників.

В осередках всихання соснових деревостанів різного ступеня і в міжосередковому (контроль) просторі спостерігаємо різницю у висоті підросту (рисунок). Підріст сосни звичайної за висотою є меншим на усіх дослідних ділянках порівняно з висотою підросту супутніх деревних порід, різниця змінюється у діапазоні 3,9-30,0 %. Найбільшу різницю у висотах встановлено у затухаючих осередках і пояснюють більшою енергією росту листяних порід, зокрема берези повислої. Простежується також різниця за висотою соснового підросту між контролем (міжосередковий простір) й осередками різного ступеня розвитку кореневої губки, де вона змінюється у межах від 2,6 до 60,0 %, а для підросту усіх

деревних порід – у діапазоні 2,1-66,5 %. Такий розподіл підросту можна пояснити віком підросту, змінами освітленості і гідрологічного режиму лісового ґрунту.



Рисунки. Середня висота життєздатного підросту в осередках висихання від збудника кореневої губки з різним ступенем розвитку / Average height of viable undergrowth in the desiccation foci caused by the root rot pathogen with different degrees of development

Тому для детальнішого росту соснового підросту за висотою проаналізовано його прирости у висоту за 5 останніх років (табл. 3). Встановлено, що різниця між середніми приростами за висотою (контроль та затухаючі осередки) становить 35,1-54,1 % залежно від року. Це підтверджується однофакторним дисперсійним аналізом на 95 % довірчому рівні, де $F_{\phi} = 45,12 > F_{m(0,95)} = 5,34, p = 0,00015$.

Табл. 3. Середній приріст соснового підросту за висотою (см) в осередках висихання від збудника кореневої губки з різним ступенем розвитку / Average growth of pine undergrowth in height (cm) in the desiccation foci caused by the root rot pathogen with different degrees of development

Пробна площа	Рік				
	2017	2018	2019	2020	2021
Контроль	10,2 $\pm$ 1,10	10,1 $\pm$ 1,10	12,2 $\pm$ 0,45	13,5 $\pm$ 0,57	13,7 $\pm$ 1,53
Затухаючі осередки	21,0 $\pm$ 3,60	20,9 $\pm$ 3,63	26,6 $\pm$ 3,48	20,8 $\pm$ 2,58	27,5 $\pm$ 3,00

На лісовідновлення впливають абіотичні фактори, а саме кліматичні показники певної природно-кліматич-

ної зони та зміна погодних умов навколишнього середовища.

Аналіз приростів соснового підросту в осередках висихання деревостанів сосни звичайної свідчить про вплив погодних умов регіону досліджень на лісовідновний процес. За останнє десятиліття, за даними метеостанції Житомира, відбулося підвищення середньорічної температури повітря порівняно з кліматичною нормою на 2,4 °C або 34,8 %, тоді як кількість опадів майже не змінилася, різниця становить 2,3 % (табл. 4). Також спостерігаємо подібне збільшення середньої температури повітря й у вегетаційний період, тоді як у середньому кількість опадів зменшилася на 41,2 мм (11,5 %).

Мінімальна кількість опадів за останні десятиріччя у середньому припадає на квітень-травень – на період появи сходів сосни звичайної і початок росту пагонів. Виявлено, що між приростом у висоту підросту сосни та кількістю опадів за травень існує високий кореляційний зв'язок. Так, для підросту у міжосередковому просторі коефіцієнт кореляції становить 0,95, а у затухаючих осередках – 0,77. Більш тісний кореляційний зв'язок на контролі можна пояснити впливом материнського намету, який перехоплює основну кількість вологи.

Гідротермічний коефіцієнт для Полісся становить 1,5 [11], тоді як за останнє десятиріччя відбулося його зменшення у середньому до 1,2. Окрім цього, у 2015-2017 рр. були посухи, гідротермічний коефіцієнт змінювався у діапазоні 0,6-0,9. Гідротермічний коефіцієнт Полісся за останнє десятиріччя відповідав значенню цього показника, яке властиве для Лісостепу та частково Степу. Приблизно на відстані 270 км на південь від метеостанції Житомир, на межі Лісостепової і Степової зон, розміщена одна з метеорологічних станцій у смт Любашівка (Одеська область). Згідно з погодними показниками метеостанції Житомир (табл. 4), вони мають середньорічні температурні показники повітря, що відповідають метеостанції Любашівка. Зіставлення середньорічної температури повітря за останнє десятиріччя метеостанції Житомир з кліматичною нормою метеостанції Любашівка демонструє різницю в 1 °C. Це свідчить про істотні зміни температурного режиму Полісся. Такі температурні показники характерні для Степу.

Табл. 4. Показники погодних умов за метеостанцією Житомир (межа Полісся та Лісостепової зони) / Indicators of weather conditions according to Zhytomyr Weather Station (border of Polissya and Forest-Steppe Zone)

Рік	Середньорічна температура, °C	Річна кількість опадів, мм	Показники погодних умов за вегетаційний період						
			$T_{\text{вег}}$	$R_{\text{вег}}$	T_{max}		R_{min}		ГТК
					°C	місяць	мм	місяць	
норма	6,9	607,0	14,5	400,0	38,1	7	–	–	1,5
2012	8,5	748,1	17,4	381,5	42,4	8	21,8	5	1,2
2013	9,0	791,0	16,4	485,9	30,4	8	22,3	4	1,5
2014	9,0	557,9	16,3	394,5	33,8	8	8,1	9	1,3
2015	10,1	481,3	17,3	205,2	35,2	9	7,5	8	0,6
2016	9,3	584,1	17,4	254,3	33,2	7	6,9	9	0,8
2017	9,3	623,0	16,6	258,0	33,6	8	28,5	5	0,9
2018	9,2	655,4	18,2	370,8	30,8	8	15,4	5	1,1
2019	10,3	532,0	17,2	347,3	33,6	8	11,4	8	1,1
2020	10,4	651,5	16,6	438,8	32,5	6	22,7	4	1,7
2021	8,9	676,3	16,2	431,4	32,6	7	21,8	4	1,5
за 10-річчя	9,3	621,0	17,0	358,8	33,7	8	16,6	4-5	1,2

Примітка: $T_{\text{вег}}$ – середня температура за вегетаційний період, $R_{\text{вег}}$ – кількість опадів за вегетаційний період, T_{max} – максимальна температура, R_{min} – мінімальна місячна кількість опадів, ГТК – гідротермічний коефіцієнт за Селяниновим.

Погодні дані спостереження на метеостанції Любашівка також вказують на зміни погодних умов. Так, за останні 10 років середньорічна температура повітря

підвищилася на 22,9 % (1,9 °C), середньорічна кількість опадів зменшилася на 8,9 % (49,9 мм), гідротермічний коефіцієнт у середньому зменшився на 11 % (0,1). По-

дібні зміни спостерігаються й у вегетаційний період. Мінімальна кількість опадів у цій зоні припадає на кінець серпня і початок вересня.

Обговорення результатів дослідження. Недостатня кількість опадів у вегетаційний період у Житомирському Поліссі погіршує ріст та відновлення сосни звичайної. Погодні умови стають придатними для росту листяних лісотвірних порід, котрі є притаманними для лісостепової зони. В осередках кореневої губки є дерева сосни, стійкі до цього патогенна, що також підтверджується даними досліджень у Волинському, Київському Поліссі і Харківській схилово-височинній області [9, 16, 26]. Природне поновлення в осередках кореневої губки є успішним, але основна його частина гине у перші декілька років [35]. Формування стійких насаджень в осередках кореневої губки зумовлене наявністю у них листяних порід [26]. Створені штучні сосняки в осередках корених гнилей зазнають розладнання у перші декілька десятиріч [22], а перші ознаки хвороби проявляються через п'ять років після створення культур сосни звичайної [28]. Тоді як березово-соснові культури (берези більше 20 %) є стійкими до впливу кореневої губки [19]. Та водночас в осередках всихання береза повила також уражається кореневою губкою [24].

Проведені дослідження потребують продовження щодо оцінювання впливу лісгосподарських заходів на формування складу та форми майбутніх стійких лісових насаджень в осередках корених гнилей, зокрема кореневої губки.

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

Наукова новизна отриманих результатів дослідження – досліджено особливості лісовідновних процесів у сосняках, уражених кореневою губкою в суборових умовах Житомирського Полісся.

Практична значущість результатів дослідження – результати дослідження можна втілити у проєктах організації та ведення лісового господарства на підприємствах і філіях, де наявні лісові ділянки, які створено на маргеновних площах.

Висновки / Conclusions

Внаслідок виконання дослідження встановлено закономірності відновлення та формування деревостанів у осередках кореневої губки різного ступеня розвитку в умовах суборів Житомирського Полісся. За результатами проведеного дослідження можна зробити такі основні висновки.

З'ясовано, що в осередку зберігається 25-33 % дерев без ознак ураження збудником кореневої губки сосни звичайної, що може вказувати на їхню стійкість до патогену. Неуражені дерева сосни звичайної можуть бути хорошим генофондом для природного відновлення лісів. Успішність процесу природного поновлення є задовільною у міжосередковому просторі та виникаючих осередках всихання та доброю – у діючих та затухаючих осередках всихання. Встановлено збільшення частки листяних порід в осередках всихання сосни звичайної у міру їхнього розвитку, що, на нашу думку, пов'язано із впливом біотичних чинників, зокрема зміною погодних умов і біоекологічними особливостями порід, які краще відновлюються у вікнах лісового намету.

References

1. Asiegbu, F. O., Adomas, A., & Stenlid, J. (2005). Conifer root and butt rot caused by *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. S. L. *Molecular plant pathology*, 6(4), 395–409. <https://doi.org/10.1111/J.1364-3703.2005.00295.X>
2. Banach, J., Skrzyszewska, K., & Skrzyszewski, J. (2017). Reforestation in Poland: History, Current Practice and Future Perspectives. *Reforesta*, 3, 185–195. <https://doi.org/10.21750/REFOR.3.14.38>
3. Belyy, G. D. (1974). Features of moisture supply and moisture consumption of pine trees in varying degrees affected by the root rot. *Forestry and Forest Melioration*, 37, 65–71. [In Russian].
4. Belyy, G. D. (1975). The density of the pine tree stand and its regulation in the fight against root rot. *Forestry and Forest Melioration*, 40, 28–35. [In Russian].
5. Buzun, V. O., & Strutynskyi, O. V. (2004). The sanitary condition and productivity of pine cultures on the forest and lands after agricultural use on the areas with different intensity of care chopping. *Problems of ecology and forest use on Polyssya of Ukraine*, 4(10), 98–107. [In Ukrainian].
6. Chernykh, A. G. (1965). Anatomical features of the wood of individual pine specimens preserved in the foci of the root rot. *Forestry and Forest Melioration*, 7, 121–125. [In Russian].
7. Chernykh, A. G., & Belyy, G. D. (1978). The to substantiate the thinning season of young pine crops under conditions of their damage by root rot. *Forestry and Forest Melioration*, 51, 20–24.
8. Dyshko, V. A., & Torosova, L. O. (2016). Features of growth processes of scots pine in plantation affected by annosum root rot. *Forestry and Forest Melioration*, 128, 134–142. URL: <https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/83440.pdf>. [In Ukrainian].
9. Dyshko, V. A., Ustskiy, I. M., Torosova, L. O., & Mykhailichenko, O. A. (2021). Morphometric features of Scots pine progenies with different resistance to annosum root rot in Kharkiv region. *Forestry and Forest Melioration*, 139, 28–34. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.139.2021.28>
10. Hryhora, I. M., & Solomakha, V. A. (2005). Vegetation of Ukraine (ecological-cenotic, floristic and geographical outline). Kyiv: Fitosotsiotsentr. [In Ukrainian].
11. Krasnov, V. P., Shelest, Z. M., & Davydova, I. V. (2014). Phytocology with the basics of forestry. Kherson: OLDI-PLYUS. [In Ukrainian].
12. Krasnov, V. P., Tkachuk, V. I., & Orlov, O. O. (2011). Handbook on forest protection. Kyiv: EKO-inform. [In Ukrainian].
13. Ladyeyshchikova, O. I. (2001). Guidelines for the protection of pine plantations from root rot. Kharkiv: URIFFM. [In Ukrainian].
14. Ladyeyshchikova, O. I., Belyy, G. D., & Chernykh, A. G. (1985). Influence of thinnings on the defeat of young pine forests by the root rot. *Russian Journal of Forest Science*, 5, 44–48. [In Russian].
15. Ladyeyshchikova, O. I., Pobegaylo, A. I., & Belyy, G. D. (1974). Bioecological features of pine crops on old arable land in connection with defeat of root rot. *Forestry and Forest Melioration*, 37, 52–60. [In Russian].
16. Lazar, O. D. (2021). Silvicultural and tree-breeding assessment of Scots pine plus stand affected by root rot in Rokytna State Forest Enterprise. *Forestry and Forest Melioration*, 138, 35–40. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.138.2021.35>
17. Lozitskiy, V. G., Ustskiy, I. M., Vedmid, M. M., & Rogovyi, V. G. (2012). Features of distribution of root sponge in pineries of Chernigiv Polissia. *Scientific Bulletin of UNFU*, 22(14), 74–79. URL: https://nv.ntu.edu.ua/Archive/2012/22_14/74_Loz.pdf. [In Ukrainian].
18. Marčiulynas, A., Sirgedaitė-Šežienė, V., Žemaitis, P., & Baliukas, V. (2019). The Resistance of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Half-sib Families to *Heterobasidion annosum*. *Forests*, 10, 287. <https://doi.org/10.3390/f10030287>
19. Maurer, V. M., & Radko, R. P. (2018). Regarding the issue of afforestation of the fallow lands of the Western Polissia of Ukraine. Reports of the participants of the international scientific and practical conference "Sustainable management of the forest complex

- and balanced development of urban landscapes", Kyiv: NULES, 65–66. URL: http://dglb.nubip.edu.ua/bitstream/123456789/8936/1/65_Maurer.pdf. [In Ukrainian].
20. Meteopost. (2022). Meteorology of Lyubashivka. URL: <https://meteopost.com/pogoda/lubashevka/>. [In Ukrainian].
 21. Meteopost. (2022). Meteorology of Zhytomyr. URL: <https://meteopost.com/pogoda/gytomir/>. [In Ukrainian].
 22. Mikhaylichenko, O. A., Ustsky, I. M., Boltenev, Yu. O., Stovbunenko, D. V., & Shygyrec, V. P. (2012). Condition of second-generation pine cultures in the former arable lands on the left bank of Seversky Donets river. *Forestry and Forest Melioration*, 120, 128–132. URL: <https://forestry-forestmelioration.org.ua/index.php/journal/issue/view/13/120-pdf>. [In Ukrainian].
 23. Mukrimin, M., Kovalchuk, A., Ghimire, Kivimäenpää, R. P., Sun, M. H., Holopainen, J. K., & Asiegbo, F. O. (2019). Evaluation of potential genetic and chemical markers for Scots pine tolerance against *Heterobasidion annosum* infection. *Planta*, 250, 1881–1895. <https://doi.org/10.1007/s00425-019-03270-8>
 24. Mykhailichenko, O. A., Ustsky, I. M., & Gnoevy, I. V. (2020). Influence of root rot on growth, structure and health condition of the pine stands established on formerly arable land in Forest-Steppe, Kharkiv Region. *Forestry and Forest Melioration*, 136, 172–183. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.136.2020.172>
 25. Nehrutskyi, S. F. (1968). Root sponge. Moscow: Agropromizdat. [In Russian].
 26. Onyskiv, M. I., & Kidyk, O. Ju. (2008). Results of 30-years studying of problem of Scotch pine plantations protection from root rot in Polesye. *Forestry and Forest Melioration*, 114, 201–206. URL: <https://forestry-forestmelioration.org.ua/index.php/journal/issue/view/19/114-pdf>. [In Ukrainian].
 27. Pasternak, P. S. (1990). Foresters handbook. Kyiv: Urozhay. [In Russian].
 28. Piri, T., Vainio, E. J., Nuorteva, H., & Hantula, J. (2021). High Seedling Mortality of Scots Pine Caused by *Heterobasidion annosum* S. S. Forests, 12, 1289. <https://doi.org/10.3390/f12091289>
 29. Pitkänen, T. P., Piri, T., Lehtonen, A., & Peltoniemi, M. (2021). Detecting structural changes induced by *Heterobasidion* root rot on Scots pines using terrestrial laser scanning. *Forest Ecology and Management*, 492. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119239>
 30. Pogrebnyak, P. S. (1968). General forestry. Moscow: Kolos. [In Russian].
 31. Pravyla. (2016). Sanitarni pravyla v lisakh Ukrainy (vneseni zminy postanovoiu KMU vid 09.12.2020, № 1224). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/756-2016-%D0%BF#Text>. [In Ukrainian].
 32. Raspopina, S. P., Tarnopilska, O. M., Lukjanetc, V. A., & Kobets, O. V. (2013). Standing forest and characteristics of soils in focuses of dispersion a pine fungus (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.) on abandoned agricultural lands of East Polissya. *Scientific Bulletin of UNFU*, 23(13), 64–73. URL: https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2013/23_13/64_Ras.pdf. [In Ukrainian].
 33. Rybak, Yu. L. (2012). The physiological and chemical indices of Scots pine infected by the *Heterobasidion annosum*. *Scientific Bulletin of UNFU*, 22(11), 60–65. URL: https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2012/22_11/60_Ryb.pdf. [In Ukrainian].
 34. Shevchenko, S. V. (1968). Forest phytopathology. Lviv: Lviv University. [In Ukrainian].
 35. Siruk, Yu. V., Turko, V. M., & Pechenjuk, Ya. P. (2017). Natural regeneration under pine stands in fresh pine forests of Zhytomyr Polissya area (Ukraine). *Forestry ideas*, 23(2), 113–121. URL: https://forestry-ideas.info/issues/issues_Index
 36. Strutynskyi, O. V. (2006). Peculiarities of ecology of root rot glade in the forest of Zhytomyr Region. *Radioecology of forests and forestry of Polissya of Ukraine*, 6(12), 152–172. [In Ukrainian].
 37. Tarnopilska, O. M., Lukyanets, V. A., Kobets, O. V., Lunachevskyy, L. S., & Rumyantsev, M. G. (2019). Growth, structure and condition of stands planted on clear-cuts after annosum-infected pine stands. *Forestry and Forest Melioration*, 135, 30–40. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.135.2019.30>
 38. Tkachuk, V. I. (2004). Problems of growing Scots pine in Right-bank Polissya. Zhytomyr: Volin. [In Ukrainian].
 39. Ustsky, I. M. (2011). Soils features of pineries of Novgorod-Seversk Woodland of attack by a root rot. *Forest Journal*, 2, 48–52. URL: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/38859/10-Ustskyi.pdf>. [In Ukrainian].
 40. Ustsky, I. M., Popkov, Yu. M., & Mokrytskyi, V. O. (1991). Diagnostics of the condition of pine trees in foci of root rot. *Forestry and Forest Melioration*, 82, 8–14. [In Ukrainian].
 41. Vasylyauskas, A. P. (1989). Root fungus and sustainability of coniferous forest ecosystems. Vilnius: Mokslas. [In Russian].
 42. Vorobev, D. V. (1967). Metodika lesotipologicheskikh issledovaniy. Kiev: Urozhai. [In Russian].
 43. Yushpovych, Yu. M., Kovalyova, V. A., & Gout, R. T. (2012). Identification of *Heterobasidion annosum* s. str. by polymerase-chain reactio. *Scientific Bulletin of UNFU*, 22(6), 43–49. URL: https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2012/22_6/43_Jus.pdf. [In Ukrainian].
 44. Zhukovskyi, O. V., Krasnov, V. P., & Melnyk, V. V. (2021). Formation of a pine stands after conducting a two-stage evenly-gradual felling in the forests of Kyiv Polissya. *Scientific Bulletin of UNFU*, 31(4), 9–14. <https://doi.org/10.36930/40310401>

V. M. Turko¹, A. V. Vyshnevskiy¹, Yu. V. Siruk¹, O. V. Zhukovskyi²

¹ Polissya National University, Zhytomyr, Ukraine

² Poliski branch of Ukrainian Research Institute of Forestry and Agroforestry named after Vysotsky, Dovzhik, Ukraine

SOME PECULIARITIES OF REFORESTATION IN THE ROOT ROT FOCI IN FRESH MIXED CONIFER FORESTS OF ZHYTOMYR POLISSYA AREA

The research was conducted in the Bohun Forestry of the Korosten Forestry and Hunting Farm branch of the Forests of Ukraine SOE in the Scots pine desiccation foci caused by root rot of various degrees of development. The current state of Scots pine plantations and the processes of reforestation in the root rot foci, as well as the effect of weather conditions changes on natural regeneration in fresh mixed conifer forests of Zhytomyr Polissya area were studied. In the course of research, the methods of comparative ecology, forestry, silviculture, botany, and forest taxation were used. Processes of tree species differentiation into the categories of the state of Scots pine being damaged by the root rot pathogen in the desiccation foci occur with greater intensity in comparison with pine stands in the interfocal area. The number of trees per ha is found to decrease by an average of 37.0 %, and the degree of disruption of pine trees affected by root rot is quite low in the root rot foci development. The focus contains 25–33.0 % of trees without signs of damage by the Scots pine root rot pathogen, which may indicate their resistance to the pathogen. Unaffected Scots pine trees can serve as a substantial gene pool for natural forest regeneration. Living above-ground cover in the control is characteristic of fresh mixed conifer forests, and in the foci at late stages of development – for wet mixed conifer forests respectively. The success of the natural regeneration is satisfactory in the interfocal area and emerging desiccation foci, and is also quite notable in active and decaying desiccation foci. In decaying desiccation foci, the average amount of deciduous species undergrowth increased to 69.0 %, the main species being birch and common oak. The growth rates of pine undergrowth are higher and greater in decaying foci. Therefore, the hydrothermal coefficient of Polissya area in the last decade corresponds to the value of the GTK of the Forest-Steppe. Insufficient precipitation during the growing season impairs the growth and recovery of Scots pine.

Keywords: *Pinus sylvestris* L.; *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.; undergrowth; waste; sanitary condition; emerging, active, and decaying desiccation foci.