

УКРАЇНСЬКИЙ ОРДЕНА «ЗНАК ПОШАНИ» НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ
ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА ТА АГРОЛІСОМЕЛІОРАЦІЇ
ім. Г. М. ВИСОЦЬКОГО

ISSN 1026-3365
eISSN 2663-4147

ЛІСІВНИЦТВО І АГРОЛІСОМЕЛІОРАЦІЯ

Збірник наукових праць
Заснований у 1965 р.
ВИПУСК 137



Харків – УкрНДІЛГА
2020

Головний редактор	д-р с.-г. наук, проф., член-кор. НААН	В. П. Ткач
Заступник головного редактора	д-р с.-г. наук, проф.	В. Л. Мешкова
Відповідальний секретар	канд. фіз.-мат. наук	І. В. Оболоник

Редакційна колегія:

д-р с.-г. наук, старш. наук. співроб.	А. М. Білоус
канд. с.-г. наук, старш. наук. співроб.	І. Ф. Букша
канд. с.-г. наук, старш. наук. співроб.	Н. Ю. Висоцька
канд. с.-г. наук, старш. наук. співроб.	В. П. Ворон
д-р с.-г. наук, проф.	Ю. І. Гайда
канд. с.-г. наук, доцент	К. В. Давиденко
канд. с.-г. наук, доцент	В. О. Крамарець
д-р біол. наук, проф.	Г. Т. Криницький
канд. с.-г. наук, старш. наук. співроб.	С. А. Лось
д-р с.-г. наук, проф.	О. С. Мігунова
д-р с.-г. наук, проф.	В. П. Пастернак
канд. с.-г. наук, старш. наук. співроб.	О. М. Тарнопільська
д-р с.-г. наук, проф.	В. В. Усеня (Республіка Білорусь)
канд. с.-г. наук, старш. наук. співроб.	І. М. Усцький
д-р габ., проф.	Юстина Новаковська (Польща)
PhD	Дайва Бурокієне (Литва)
PhD	Сергій Бойко (Польща)

Адреса редакційної колегії: 61024, Харків, вул. Пушкінська, 86, УкрНДІЛГА.
Тел. 8-057-707-80-01, e-mail: Valentynameshkova@gmail.com; obolonik@uriffm.org.ua

Сайт збірника наукових праць «Лісівництво і агролісомеліорація»: <http://forestry-forestmelioration.org.ua>

Л 50

Рекомендовано до друку рішенням Ученої ради УкрНДІЛГА, протокол № 18 від 15 грудня 2020 р.

Лісівництво і агролісомеліорація. – Х.: УкрНДІЛГА, 2020. – Вип. 137. – 140 с.

Наведено результати досліджень із питань лісівництва, лісознавства, лісовирощування та лісорозведення, агролісомеліорації, лісової ентомології, фітопатології, моніторингу, радіології, селекції деревних порід. Для науковців і спеціалістів лісового господарства, викладачів і студентів вищих навчальних закладів.

Forestry and Forest Melioration. – Kharkiv: URIFFM, 2020. – Iss. 137. – 140 p.

Results of investigations on forestry, forest science, forest breeding and growing, forest melioration, forest entomology, phytopathology, monitoring, radiology are presented. For researchers and specialists of forestry, teachers and students of higher educational establishments.

Свідectво про державну реєстрацію Серія KB № 15588-4060P від 12.08.2009

Збірник включено до Переліку наукових фахових видань України, категорія «Б»

сільськогосподарські науки, спеціальності – 202, 205, 206: наказ Міністерства освіти і науки України № 409 від 17.03.2020

**В. О. БОРОДАВКА¹, О. Б. БОРОДАВКА¹, О. М. ТАРНОПІЛЬСЬКА², В. В. ШЕВЧУК¹****ОСОБЛИВОСТІ ПРИРОДНОГО ПОНОВЛЕННЯ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ
В УМОВАХ ВОЛОГОГО ДУБОВО-СОСНОВОГО СУБОРУ НА ЗРУБАХ****ВУЗЬКОЛІСОСІЧНИХ РУБОК У ЗАХІДНОМУ ПОЛІССІ***1. Поліський філіал Українського науково-дослідного інституту лісового господарства та агролісомеліорації
ім. Г. М. Висоцького**2. Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького*

Надано оцінку успішності природного відновлення сосни звичайної на 5–6-річних зрубках рубок головного користування, проведених вузьколісосічним способом (ширина лісосік 50 м) у типі лісу вологий дубово-сосновий субір (В₃-ДС) в умовах Західного Полісся. Виявлено, що проведення вузьколісосічних рубок головного користування в соснових насадженнях забезпечує надійне й ефективне поновлення сосни природним шляхом. Густота 5–6-річного життєздатного природного підросту сосни на зрубках становить 9,2–17,3 тис.шт.га⁻¹. Успішність природного поновлення за шкалою УкрНДІЛГА оцінено як «добре». Частка життєздатного підросту сосни на дослідних ділянках становить 65–85 %, його розміщення на ділянці є рівномірним (частота трапляння перевищує 80 %). Наявна кількість природного поновлення сосни, за умови проведення рубок догляду в молодняках, має забезпечити формування нового покоління соснових насаджень на зрубках вузьколісосічних рубок головного користування. У разі недостатньої мінералізації ділянок відновлення відповідні заходи сприяння появи сходів сосни є необхідними, а створення культур, навіть часткового типу, на вузьколісосічних зрубках є недоцільним.

Ключові слова: *Pinus sylvestris* L., успішність природного відновлення, вузьколісосічний спосіб рубок, рубки головного користування.

Вступ. Сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.) є головною корінною лісоутворювальною породою в лісовому фонді Західного Полісся. У регіоні поширені переважно чисті за складом соснові ліси. У мішаних сосняках частка домішки листяних порід здебільшого не перевищує 1–2 одиниці. Санітарний стан соснових лісів катастрофічно погіршується в багатьох європейських країнах (Meshkova 2019). В Україні у 2018 р. площа осередків усихання досягла 400 тис. га (Biological outbreak 2018). Це пов'язано, насамперед, із кумулятивною дією кліматичних змін, природних, антропогенних та інших порушень середовища лісу. Вони вже призвели до значної дестабілізації та деградації соснового господарства. В Україні, як і в інших країнах, зниження біологічної стійкості лісів зумовлено також попередньою практикою ведення лісового господарства (Meshkova 2019). Низькі адаптаційні можливості сучасних сосняків, які більш ніж пів століття формували зі ставкою на одну лісоутворювальну породу і максимальну продуктивність, у теперішніх, суттєво погіршених, умовах росту є цілком прогнозованими. Отримані в результаті такого уніфікованого регламенту вирощування монодомінантні соснові деревостани переважно штучного походження з дуже спрощеною просторовою структурою, фактично плантації з однієї породи, завідомо нездатні протистояти стресовим факторам. Однією з ключових умов подальшого розвитку лісової галузі України є перехід до наближеного до природи лісівництва, яке передбачає, зокрема, формування насаджень з оптимальним балансом продуктивності й біологічної стійкості на основі природного поновлення.

Нині основним шляхом підвищення стійкості соснових лісів визначено формування мішаних листяно-соснових насаджень складної структури із корінних лісоутворювальних порід (Vakuliuk & Samoplavskyi 2006, Krynytskyi et al. 2019). Світовою та вітчизняною наукою і практикою доведено, що застосування лише лісокультурних методів не сприяє посиленню життєздатності та стійкості лісів. Ключовою умовою підвищення стійкості лісу є перехід до його природного відновлення (Turko 1995, Vedmid et al. 2008, Krynytskyi et al. 2019). Це дасть змогу мінімізувати витрати на лісовідновлення (порівнюючи зі створенням лісових культур) та отримати стійкіші деревостани, оскільки лісоутворювальні складові насаджень такого

типу пройшли жорсткий природний добір у певних лісорослинних умовах і є більш пристосованими до них, ніж рослини з розсадників і теплиць (Zhezhkun & Zhezhkun 2017).

В Україні останнім часом, переважно під тиском лісопатологічної кризи й зміни клімату, здійснюють спроби зміни складу соснових лісів, здебільшого шляхом створення мішаних культур за простими схемами. Водночас певний сегмент природного поновлення, що постійно утворювалося в нових лісах спонтанно, переважно не використовували. Слід визнати, що нинішня актуалізація напряду природного лісовідновлення відбувається вимушено, з причин і в умовах вже наявних кардинальних змін місцезростань та гострих реакцій насаджень у вигляді масового ослаблення й всихання, і загалом – у ситуації, коли інших дієвих способів підвищення стійкості нового покоління сосняків фактично не існує.

У результаті комплексних досліджень процесів природного відновлення головних лісоутворювальних порід сосняків Західного Полісся, проведених науковцями Поліського філіалу УкрНДІЛГА (Buzun et al. 1991, Buzun & Pristupa 1998, Vedmid et al. 2008), виявлено визначальні для практики особливості й закономірності природного лісовідновлення корінних порід, зокрема сосни звичайної. Науковий здобуток цих дослідників полягає в розробленні «Рекомендацій по формуванню соснових і сосново-дубових насаджень із збереженого підросту» (Buzun & Pristupa 1998) та детальному описі регламенту догляду за попереднім і супутнім поновленням на всіх фазах життєвого циклу (Vedmid et al. 2008).

Науковцями УкрНДІЛГА за участю зарубіжних учених і кліматологів розроблено прогноз життєздатності головних лісоутворювальних порід та вразливості лісів України до змін клімату (Buksha et al. 2017, Shvydenko et al. 2018). Згідно з найімовірнішими сценаріями, аридизація клімату головних лісорослинних зон посилюватиметься, вони зсуватимуться, а території задовільних умов зростання суттєво зменшаться. Це призведе до подальших втрат життєздатності насамперед і найбільшою мірою для сосни, яка вже в поточному періоді росту має низьку стійкість. Однак вона й надалі залишатиметься головною лісоутворювальною породою Західного Полісся. Водночас деревостани повинні мати переважно природне походження, змінений (значно розширений) видовий склад і оптимальну структурно-функціональну організацію. Із цих міркувань, об'єктивна сучасна інформація про стан та лісовідновний потенціал наявної природної складової корінних лісоутворювальних порід є виключно важливою й нагальною необхідною.

Мета досліджень – оцінювання успішності природного відновлення сосни звичайної на зрубках рубок головного користування, проведених вузьколісосічним способом (ширина лісосік 50 м) в умовах Західного Полісся.

Матеріали й методи. Об'єктом досліджень були експериментально-виробничі ділянки з різними варіантами природного відновлення сосни на зрубках вузьколісосічних рубок головного користування (РГК) у Західному Поліссі. Досліди закладено в 2014–2015 рр. у Троянівському лісництві (кв. 31 і 32) ДП «Городоцьке ЛГ» Волинського ОУЛМГ, де впродовж останнього десятиліття такі рубки проведено на значних площах.

Польові матеріали збирали на основі загальноприйнятих методик лісівничо-таксаційних досліджень (Nikitin & Shvydenko 1978, Anuchin 1982, Forest inventory sample plots 2007) та вивчення процесів природного відновлення (Mehalinsky 1968, Pasternak 1990, Vedmid et al. 2008). Природне поновлення оцінювали шляхом суцільного обліку всіх екземплярів наявних деревних видів. Визначали видовий склад, вік, походження (природне насіннєве чи порослеве або штучне), таксаційні характеристики, густоту. Формулу складу природного поновлення (або молодняку за його участю) визначали за часткою кількості рослин кожного деревного виду від загальної їхньої кількості на ділянці обліку. Визначали також таксаційні характеристики материнських насаджень, в яких проводили оцінювання підросту, та насаджень, що оточують зруби з природним поновленням.

Успішність природного відновлення оцінювали за шкалою УкрНДІЛГА (Pasternak 1990) та таблицею груп успішності природного відновлення сосни й дуба для Західного Полісся (Vedmid et al. 2008). Згідно із зазначеною таблицею відзначали особливості розміщення

підросту на ділянці: рівномірне – частота трапляння 66 % і вище, нерівномірне – 40–65 %, куртинне – менше за 40 %. Критерієм визначення життєздатності підросту були його таксаційні параметри та морфологічні ознаки.

Загалом дослідження проведено на 6 пробних площах площею 0,9–2,2 га, закладених на 5–6-річних зрубів після проведення вузьколісосічних РГК із шириною лісосік 50 м.

Результати та обговорення. Дослідження показали, що після проведення вузьколісосічних РГК в осінньо-зимовий період і мінералізації ґрунту шляхом прокладання борозен через 2 м в них потрапляє велика кількість насіння із залишених насінників сосни або зі стін лісу, що оточують зруб. Вже навесні на зрубів з'явилася велика кількість сходів сосни звичайної. Варто зауважити, що навіть на ділянках без проведення заходів сприяння також сформувався доволі рясний самосів сосни.

Успішність природного відновлення сосни на зрубів на кожній ділянці оцінювали на п'ятий або шостий роки після проведення рубок. Отримані дані свідчать, що кількість природного поновлення сосни на ділянках варіює від 9,2 до 17,3 тис. рослин на 1 га, а супутніх порід – від 0,3 до 21,0 тис. рослин на 1 га (табл. 1). Під час вирубування материнського насадження (головної породи і незначної домішки супутніх порід) також фактично суцільно було видалено й підріст берези повислої (*Betula pendula* Roth.), ялини європейської (*Picea abies* (L.) Karst.), вільхи чорної (*Alnus glutinosa* (L.) Gaerth.) та дуба звичайного (*Quercus robur* L.). Поодинокі особини дуба звичайного з підросту було переведено до складу нового покоління сосняків лише на ділянці № 1. Надалі насінневе і порослеве природне поновлення берези, вільхи та дуба на зрубів 2–3 рази викошували мотокущорізами. Вважаємо, що для природного відновлення берези і, меншою мірою, вільхи такі заходи були необхідними, а відносно дуба – невиправданими, оскільки було видалено перспективні порослєві особини цього виду. Береза зберігає високий лісовідновний потенціал, можливості формування домішки дуба в мішаному сосновому молодняку є обмеженими. У процесі догляду, орієнтованого на сприяння росту і розвитку сосни, було видалено значну частину нежиттєздатних і слабо розвинених особин головної породи.

Таблиця 1

Характеристика материнських деревостанів до рубки та природного поновлення на зрубів вузьколісосічних РГК у Троянівському лісництві ДП «Городоцьке ЛГ» (тип лісу – В3дС)

№ ділянки	Кв./вид.-шифр	Материнський деревостан на момент проведення РГК					Зруб				Насадження (насінники), прилеглі до довгих сторін лісосіки				
		Площа, га	Вік, років	Склад	Повнота	Клас бонітету	Рік рубки	Площа, га	Ширина, м	Напрямок	Розташування	Вік років	Склад	Повнота	Клас бонітету
1	31/24-1	27	81	10Сз+Бп, Яле, Влч	0,7	I	2014	0,9	50	Пн-Пд	Зх	2	зруб 2019р., ЛК	–	–
											Сх	78	9Сз1Бп+Яле	0,7	I
2	31/24-3	27	81	10Сз+Бп, Яле, Влч	0,7	I	2014	1,0	50	Пн-Пд	Зх	87	10Сз+Бп, Яле, Влч	0,6	I
											Сх	1	зруб 2020р., ЛК	–	–
3	31/24-5	27	82	10Сз+Бп, Яле, Влч	0,7	I	2015	1,8	47	Пн-Пд	Зх	87	10Сз+Бп, Яле, Влч	0,6	I
											Сх	3	зруб 2018р., ЛК	–	–
4	31/24-6	27	82	10Сз+Бп, Яле, Влч	0,7	I	2015	1,3	50	Пн-Пд	Зх	87	10Сз+Бп, Яле, Влч	0,6	I
											Сх	2	зруб 2019р., ЛК	–	–
5	32/55-1	27	82	10Сз+Бп, Яле, Влч	0,65	I	2015	2,2	50	Зх-Сх	Пн	88	10Сз+Бп, Яле, Влч	0,6	I
											Пд	3	зруб 2018р., ЛК	–	–
6	32/55-2	27	82	10Сз+Бп, Яле, Влч	0,65	I	2015	1,3	50	Зх-Сх	Пн	88	10Сз+Бп, Яле, Влч	0,6	I
											Пд	3	зруб 2018р., ЛК	–	–

Закінчення табл. 1

№ ділянки	Цільові заходи відновлення	Відновлений природний молодняк												
		Склад	Сосна звичайна								Супутні породи			
			Густота, тис.шт.·га ⁻¹			Частка життєздатного підросту, %	Частота трапляння, %	Середній вік, років	Середня висота, м	Успішність природного поновлення	Вид	Вік, років	Висота, м	Густота, тис. шт.·га ⁻¹
			загальна	зокрема за походженням										
				прир.	штуч.									
1	СПП	7Сз3Бп+Д _з	14,9	14,9	—	83	80	6	1,4	добре	Бп	2	1,5	6,7
											Дз	10	3,0	0,3
2	СПП	8Сз2Влч+Бп,Дз	9,2	9,2	—	75	67	6	1,5	добре	Бп	1	0,5	5,3
											Влч	4	1,4	2,7
											Дз	5	1,2	0,3
3	НЗ	6Сз4Бп+Д _з	17,3	17,3	—	65	85	5	1,3	добре	Бп	2	1,6	13,1
											Дз	5	1,0	1,2
4	СПП	4Сз6Бп+Д _з	14,6	14,6	—	75	80	4	1,1	добре	Бп	2	1,4	21,0
											Дз	4	1,5	0,4
5	СПП,ЧК	9Сз1Дз+Бп	12,1	10,7	1,4	85	90	5	1,7	добре	Дз	5	1,6	1,7
											Бп	2	1,0	0,5
6	СПП,ЧК	7Сз3Бп+Д _з	13,6	12,6	1,0	70	95	5	1,6	добре	Бп	3	2,0	6,0
											Дз	5	1,8	1,3

Примітки: 1. Цільові заходи відновлення: СПП – сприяння природному поновленню (борозни через 2 м), ЧК – часткові культури густотою 3 тис. шт.·га⁻¹, НЗ – не застосовували.

2. Породи: Сз – сосна звичайна, Бп – береза повисла, Яле – ялина європейська, Влч – вільха чорна, Дз – дуб звичайний.

Під час досліджень на 2-річних зрубках вузьколісосічних РГК у 2016 р. виявлено, що вже на той час відбувалося інтенсивне заселення зрубів самосівом сосни, який переважно концентрувався у борознах (кв. 32, ділянки 5 і 6), утворюючи суцільний покрив у місцях створення часткових культур. Рясний самосів утворився на мінералізованих ділянках уздовж трелювальних волоків, на майданчиках складування і маршрутах вивезення деревини. На момент обліку густота 1–2-річного самосіву на дослідних ділянках сягала 50 тис. шт.·га⁻¹, понад 90 % якого було благонадійним і життєздатним. На ділянці № 3 (кв. 31/24-5) самосів сосни почав заселяти зруб уже в перший рік після проведення рубок – з весни 2014 р. – навіть без здійснення заходів сприяння внаслідок високої мінералізації поверхні ґрунту, яка сягала 70 % загальної площі зрубу. Густота 1–3-річного природного поновлення становила 34,5 тис. шт.·га⁻¹, близько 95 % якого було життєздатним і рівномірно розміщеним на ділянці. Відзначено початкову стадію пригнічення сосни рясним природним поновленням берези, хоча дотепер найвищу густоту має природне поновлення головної породи.

На більшості зрубів проведено мінімальні заходи сприяння появі сходів сосни: переважно через 2 м, рідше через 2,5 м, прокладали плужні борозни. Дно і борти борозен упродовж 1–2 років (інколи 3 років, як на ділянці 4), були суцільно заселені самосівом сосни. Аналогічна ситуація склалася й на ділянках 5 (рис. 1) та 6, де додатково створювали часткові культури густотою 3,0 тис. шт.·га⁻¹. Унаслідок інтенсивного заселення самосівом сосни на зазначених зрубках збереженість культур сосни є невисокою, і тому комбіноване поновлення швидко перетворилося на природне, тобто потреба у створенні культур тут була відсутня.

На відновлених зрубках також відбулося активне заселення березою. Цю породу вже після першого викошування переведено в порослеве покоління, вона відзначається потужним потенціалом лісовідновлення та є гострим конкурентом сосни. На момент поточного обстеження її частка майже на всіх ділянках значно перевищувала допустимі показники. Для попередження зміни складу молодняку необхідним є оперативне застосування чергового прийому контролю чисельності цієї експансивної супутньої породи шляхом проведення освітлень.



Рис. 1 – Підріст сосни 5–6-річного віку на зрубках вузьколісосічних РГК (ДП «Городоцьке ЛГ», Троянівське лісництво, кв. 32, вид. 55, ділянка № 5)

На всіх дослідних ділянках вузьколісосічних РГК успішність природного відновлення головної породи оцінено як «добре». Густота 5–6-річного підросту сосни на ділянках коливається у межах 9,2–17,3 тис. шт.·га⁻¹. Загалом природні соснові молодняки перебувають у завершальній стадії змикання. До фази активної диференціації вони переходять значно загущеними, що надалі зумовить високу внутрішньовидову конкуренцію і відповідний відпад. Вже найближчим часом необхідно невідкладно регулювати густоту головної породи – сосни – шляхом проведення освітлень, зменшуючи до 10-річного віку її кількість орієнтовно до 4–5 тис. шт.·га⁻¹.

Умови для селективного відбору найрозвиненіших особин і їхнього рівномірного розміщення на площі є сприятливими. Частка життєздатного підросту на ділянках становить 65–85 %, його розміщення на зрубках є рівномірним: у більшості випадків частота трапляння перевищує 80 %. За таких умов під час природного відтворення формацій головної породи реалізується дійсний лісовідновний потенціал сосни в умовах Західного Полісся.

Висновки. Проведення вузьколісосічних рубок головного користування в насадженнях сосни у типі лісу вологий дубово-сосновий субір (ВзДС) забезпечує надійне й ефективне відновлення сосни природним шляхом. Густота 5–6-річного життєздатного природного підросту сосни на зрубках становить 9,2–17,3 тис. шт.·га⁻¹. Успішність природного відновлення за шкалою УкрНДЛГА оцінено як «добре». Частка життєздатного підросту сосни на дослідних ділянках становить 65–85 %, його розміщення на ділянці є рівномірним (частота трапляння перевищує 80 %). Наявна кількість природного поновлення за умови проведення рубок догляду в молодняках має забезпечити формування нового покоління соснових насаджень на зрубках вузьколісосічних рубок головного користування.

У разі недостатньої мінералізації ділянок відновлення відповідні заходи сприяння появі сходів сосни є необхідними, а створення культур, навіть часткового типу, на вузьколісосічних зрубках є недоцільним.

ПОСИЛАННЯ – REFERENCES

- Anuchin, N. P. 1982. Forest mensuration. Moscow, Lesnaya promyshlennost, 552 p. (in Russian).
Biological outbreak: The area of dying trees is almost 400 thousand hectares. 2018. [Electronic resource]. State Forest Resources Agency of Ukraine. Available at: http://dklg.kmu.gov.ua/forest/control/uk/publish/article?art_id=194269&cat_id=32888 (accessed 23.11.2020) (in Ukrainian).
Buksha, I. F., Bondaruk, M. A., Tselischev, O. G., Pyvovar, T. S., Buksha, M. I., Pasternak, V. P. 2017. Vitality forecasting for Scots pine and English oak in condition of climate change in the lowland of Ukraine. Forestry and Forest Melioration, 130:146–158 (in Ukrainian).

Buzun, V. O., Mazepa, V. H., Prystupa, H. K. 1991. Ways of formation of young oak stands in disturbed habitat in Polissya of Ukraine. *Forestry and Forest Melioration*, 82: 18–22 (in Ukrainian).

Buzun, V. O. and Pristupa, G. K. 1998. Main-use felling and experience in formation of young stands from the survived advance growth in Polesie of Ukraine. Oak is the species of the third millennium: Collection of scientific papers of Forest Institute of National Academy of Sciences of Belarus, 48: 227–229 (in Russian).

Comprehensive roadmap for improving management in the plain forests of Ukraine based on ecologically oriented close to nature forestry. 2018. URIFFM. Kyiv, 50 p. (in Ukrainian).

Forest inventory sample plots. Establishing method. Corporate standard 02.02-37-476:2006. 2007. Valid from May 1, 2007. Kyiv, Ministry for Agrarian Policy of Ukraine, 32 p. (in Ukrainian).

Krynynsky, H. T., Kramarets, V. O., Matsiakh, I. P. 2019. Forestry and ecological principles of pine forests' protection. In: *Pine Forests: Current Status, Existing Challenges and Ways Forward*. Proceedings of International Scientific and Practical Conference, 12-13 June 2019 (Kyiv, Ukraine). Planeta-Print, p. 42–53 (in Ukrainian).

Mehalinsky, P. M. 1968. Natural regeneration in infertile and relatively poor sites in Central Polissya. In: *Enhancing forest productivity*. Scientific papers of Faculty of Forest Management, USHA. Kyiv, Urozhai, p. 44–57 (in Ukrainian).

Meshkova, V. L. 2019 Decline of pine forest in Ukraine with contribution from bark beetles: causes and trends. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhnicheskoi Akademii*, 228: 312–335 (In Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2019.228.312-335.

Nikitin, K. E. and Shvydenko, A. Z. 1978. Methods and techniques of forestry information processing. Moscow, *Lesnaya promyshlennost*, 272 p. (in Russian).

Pasternak, P. S. 1990. Reference book of forester. Kyiv, Urozhay, 296 p. (in Ukrainian).

Shvydenko, A. Z., Buksha, I. F., Krasovska, S. V. 2018. Vulnerability of Ukraine's forests to climate change]. Kyiv, Nika-Centre, 184 p. (in Ukrainian).

State Forest Management Strategy of Ukraine until 2035 (project). 2020. [Electronic resource]. Available at: <https://www.openforest.org.ua/149897/> (accessed 23.11.2020) (in Ukrainian).

Turko, V. M. 1995. Peculiarities of natural regeneration, undergrowth preservation during felling and formation of young pine stand in Ukrainian Polissya forests: abstract for the degree of Ph.D.J. Extended abstract of PhD thesis. 12 p. (in Ukrainian).

Vakuliuk, P. H. and Samoplavskiy, V. I. 2006. Reforestation and afforestation in Ukraine. Kharkiv, Prapor, 384 p. (in Ukrainian).

Vedmid, M. M., Shkudor, V. D., Buzun, V. O. 2008. Regeneration of natural stands in Western Polissya. Zhytomyr, Polissya, 304 p. (in Ukrainian).

Zhezhkun, A. M. and Zhezhkun, I. M. 2017. Natural regeneration of forests after clear felling silvicultural system in the pine stands of Eastern Polissya. *Forestry and Forest Melioration*, 131:23–32 (in Ukrainian).

Borodavka V. O.¹, Borodavka O. B.¹, Tarnopilska O. M.², Shevchuk V. V.¹

PECULIARITIES OF NATURAL REGENERATION OF SCOTS PINE AFTER STRIP FELLING IN WET OAK-PINE FOREST IN WESTERN POLISSYA

¹Polissya branch of the Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G. M. Vysotsky

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

The natural regeneration of Scots pine after strip felling (felled strip width was 50 m) has been evaluated in 5–6 year-old felling sites after main felling in wet oak-pine forest conditions in Western Polissya, Ukraine. This type of strip felling in pine stands provides viable and effective forest regeneration by a natural way. The density of 5–6-year-old natural pine regeneration is 9,200–17,300 trees per ha. The effectiveness of natural regeneration has been assessed as “good” according to URIFFM scale. The part of vigorous advance regeneration of pine makes 65–85 %, its location on the plot is even (the occurrence exceeds 80 %). Available number of pine seedlings should provide a formation of new pine stands after strip felling. Consistent measures to promote emergence of pine seedlings are necessary in case of lack of mineralization. However, establishing of planted forest stands after strip felling is inappropriate, even its partial type.

Key words: *Pinus sylvestris* L., natural regeneration success ratio, clear felling with narrow coupes, main-use felling.

E-mail: tarnoks@ukr.net

Одержано редколегією 04.12.2020

**ТАКСАЦІЙНІ ПОКАЗНИКИ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ ДУБОВИХ НАСАДЖЕНЬ
ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ***Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького*

Досліджено динаміку таксаційних показників дубових насаджень у межах Лівобережного Лісостепу з метою розроблення ефективних лісогосподарських заходів, спрямованих на підвищення продуктивності та посилення екологічних функцій дубових лісів. Розраховано показники використання лісорослинного потенціалу дубовими насадженнями різного походження за відношенням їхньої фактичної продуктивності до потенційної. Розроблено таблиці динаміки продуктивності дубових насаджень з урахуванням їхнього походження та категорій лісів. Ці таблиці доцільно застосовувати для прогнозування росту модальних дубових насаджень, а також для визначення обсягів лісогосподарських заходів і черговості їхнього проведення.

Ключові слова: дуб звичайний (*Quercus robur* L.), категорії лісів, походження насаджень, модальні насадження.

Вступ. Дані обліку лісів України (Forest Fund Information Book 2012) та результати вітчизняних дослідників (Turkevych et al. 1973, Buzykin 1989, Vedmid & Havrylov 2004, Vedmid 2005, Holovach 2008, Lunachevsky 2009, Kopy et al. 2015, Tkach et al. 2018a, Ivaniuk & Landin 2019, Matusiak 2019, Lunachevsky & Rumiantsev 2020) свідчать про можливі резерви щодо підвищення продуктивності лісів країни, зокрема в межах Лівобережного Лісостепу. Показник використання лісорослинного потенціалу (ВЛП), що являє собою відношення фактичної продуктивності насаджень до потенційної, є важливим для ведення лісового господарства, адже врахування особливостей лісорослинних умов дасть змогу отримувати максимальну економічну вигоду без зниження ефективності виконання лісами важливих еколого-захисних функцій (Turkevych et al. 1973, Vedmid & Havrylov 2004, Vedmid 2005, Holovach 2008, Lunachevsky 2009, Tkach et al. 2018a, Matusiak 2019).

Продуктивність дубових насаджень Лівобережного Лісостепу та використання ними лісорослинного потенціалу вивчали І. В. Туркевич (Turkevych et al. 1973), М. М. Ведмідь та В. А. Гаврилов (Vedmid & Havrylov 2004, Vedmid 2005), Р. В. Головач (Holovach 2008), Л. С. Луначевський (Lunachevsky 2009), В. В. Назаренко та В. П. Пастернак (Nazarenko & Pasternak 2016), В. П. Ткач (Tkach et al. 2018a). За результатами цих досліджень було визначено показники ВЛП дубовими насадженнями за переважаючими типами лісу в межах лісогосподарських округів і запропоновано заходи з підвищення продуктивності таких лісів. Ці заходи полягали у: заміні малоцінних молодняків і похідних деревостанів шляхом проведення реконструктивних рубок, переформуванні простих одновікових насаджень у мішані за складом і складні за будовою різновікові насадження, максимальному використанні попереднього поновлення господарсько цінних порід, своєчасному проведенні рубок догляду, ефективному захисті лісів від шкідників, хвороб і пожеж, збільшенні обсягів вибіркового і поступового рубок головного користування та лісовідновних рубок, веденні лісового господарства на типологічній основі тощо.

У період реформування галузі виникла необхідність у проведенні комплексних досліджень продуктивності дубових насаджень Лівобережного Лісостепу з метою розроблення ефективних лісогосподарських заходів, спрямованих на підвищення продуктивності та посилення екологічних функцій дубових лісів регіону.

Мета досліджень – оцінювання продуктивності та використання лісорослинного потенціалу дубовими лісами Лівобережного Лісостепу.

Матеріали й методи. Основою для проведення розрахунків були матеріали ВО «Укрдержліспроект». Загалом було проаналізовано близько 70 тис. таксаційних виділів дубових насаджень різного походження в межах Лівобережного Лісостепу. Дослідженнями охоплено лісовий фонд 29 державних підприємств лісового господарства

в межах Київського та по м. Києву (2 підприємства), Полтавського (8 підприємств), Сумського (9 підприємств), Харківського (6 підприємств), Черкаського (1 підприємство) та Чернігівського (3 підприємства) обласних управлінь лісового та мисливського господарства. Площа досліджуваних насаджень становила 284 тис. га.

Динаміку таксаційних показників дубових насаджень встановлювали за десятирічними класами віку шляхом визначення поліноміальних функцій другого порядку із подальшим розрахунком на їхній основі абсолютних значень висоти, діаметра, запасу тощо. Кількісне оцінювання ефективності ВЛП дубовими насадженнями проведено шляхом порівняння продуктивності модальних та еталонних (високопродуктивних) насаджень (Matusiak 2019, Tkach et al. 2018a, Lunachevskyy & Rumiantsev 2020). До еталонних (високопродуктивних) дубових насаджень відносили ділянки високоповнотних (відносна повнота 0,8 і вище) і високобонітетних (клас бонітету I і вище) насаджень відповідних класів віку із участю дуба в складі насаджень 7 одиниць і більше.

Результати та обговорення. Для виявлення особливостей росту та продуктивності дубових насаджень Лівобережного Лісостепу досліджено динаміку таксаційних показників залежно від віку насаджень (A , років) та їхнього походження. Динаміку лісівничо-таксаційних показників насаджень, зокрема: участь дуба в складі насаджень (V , од.); середній діаметр (D , см); середню висоту (H , м); запас модальних ($M_{\text{мод.}}$, $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$) та еталонних (високопродуктивних) ($M_{\text{етал.}}$, $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$) насаджень добре апроксимують визначені поліноміальні функції другого порядку ($R^2 = 0,91 \dots 0,99$) (табл. 1). На основі отриманих рівнянь розраховано динаміку зазначених таксаційних показників модальних та еталонних дубових насаджень.

Таблиця 1

Залежність від віку лісівничо-таксаційних показників дубових насаджень Лівобережного Лісостепу з урахуванням їхнього походження та категорій лісів

Походження	Ліси природоохоронного, наукового, історико-культурного призначення		Рекреаційно-оздоровчі ліси	
	Рівняння функцій	R^2	Рівняння функцій	R^2
Порослеве	$Y = -0,0317A^2 + 0,8473A + 2,0883$	0,96	$Y = -0,0579A^2 + 1,2035A + 1,6051$	0,93
	$D = -0,0789A^2 + 3,94A + 3,4026$	0,99	$D = -0,0343A^2 + 3,4694A + 3,8948$	0,99
	$H = -0,1741A^2 + 4,218A + 0,2645$	0,99	$H = -0,1846A^2 + 4,4276A - 0,5296$	0,99
	$M_{\text{мод.}} = -2,5695A^2 + 58,658A - 64,367$	0,99	$M_{\text{мод.}} = -2,119A^2 + 54,116A - 54,863$	0,99
	$M_{\text{етал.}} = -6,3776A^2 + 119,56A - 126,45$	0,97	$M_{\text{етал.}} = -6,339A^2 + 122,07A - 89,727$	0,93
Насіннєве природне	$Y = 0,0233A^2 - 0,0525A + 4,9672$	0,94	$Y = -0,0003A^2 + 0,3587A + 4,0807$	0,94
	$D = -0,0678A^2 + 4,3357A - 0,6745$	0,99	$D = -0,0553A^2 + 4,0286A + 0,4453$	0,99
	$H = -0,2357A^2 + 5,4129A - 4,557$	0,99	$H = -0,1884A^2 + 4,723A - 3,2091$	0,99
	$M_{\text{мод.}} = -3,7927A^2 + 81,843A - 136,32$	0,97	$M_{\text{мод.}} = -2,738A^2 + 66,739A - 107,45$	0,99
	$M_{\text{етал.}} = -4,7494A^2 + 109,41A - 178,02$	0,98	$M_{\text{етал.}} = -3,907A^2 + 94,604A - 117,55$	0,99
Насіннєве штучне	$Y = -0,032A^2 + 0,784A + 3,3636$	0,91	$Y = -0,0499A^2 + 0,9246A + 3,5488$	0,89
	$D = -0,0172A^2 + 3,7032A - 0,789$	0,99	$D = -0,0397A^2 + 3,8371A - 0,5361$	0,99
	$H = -0,2093A^2 + 5,1629A - 5,0644$	0,99	$H = -0,1709A^2 + 4,6829A - 3,8322$	0,99
	$M_{\text{мод.}} = -2,568A^2 + 68,467A - 111,05$	0,99	$M_{\text{мод.}} = -2,302A^2 + 65,599A - 105,94$	0,99
	$M_{\text{етал.}} = -7,2086A^2 + 138,49A - 163,6$	0,97	$M_{\text{етал.}} = -6,628A^2 + 128,97A - 133,07$	0,97

Продовження табл. 1

Походження	Захисні ліси		Експлуатаційні ліси	
	Рівняння функцій	R^2	Рівняння функцій	R^2
Порослеве	$Y = -0,0161A^2 + 0,6467A + 2,6253$	0,99	$Y = 0,0174A^2 + 0,6438A + 2,1324$	0,94
	$D = -0,0203A^2 + 3,2039A + 5,8372$	0,99	$D = -0,1351A^2 + 5,293A - 3,4424$	0,99
	$H = -0,1615A^2 + 3,9959A + 1,1148$	0,99	$H = -0,2649A^2 + 5,7592A - 4,9567$	0,99
	$M_{\text{мод.}} = -2,0619A^2 + 50,786A - 36,397$	0,99	$M_{\text{мод.}} = -3,8472A^2 + 81,154A - 125,6$	0,99
	$M_{\text{етал.}} = -5,8427A^2 + 109,68A - 63,764$	0,94	$M_{\text{етал.}} = -6,2692A^2 + 126,8A - 177,78$	0,98

Закінчення табл. 1

Походження	Захисні ліси		Експлуатаційні ліси	
	Рівняння функцій	R^2	Рівняння функцій	R^2
Насіннєве природне	$Y = 0,006A^2 + 0,1748A + 4,5788$	0,98	$Y = -0,0154A^2 + 0,5916A + 2,4295$	0,88
	$D = -0,0918A^2 + 4,802A - 2,4829$	0,99	$D = -0,0743A^2 + 4,4205A - 2,4607$	0,99
	$H = -0,2176A^2 + 5,0896A - 4,2651$	0,98	$H = -0,1967A^2 + 4,9512A - 4,6053$	0,99
	$M_{\text{мод.}} = -2,689A^2 + 64,011A - 97,537$	0,96	$M_{\text{мод.}} = -3,593A^2 + 80,411A - 148,38$	0,99
	$M_{\text{етал.}} = -4,2879A^2 + 102,31A - 128,11$	0,96	$M_{\text{етал.}} = -5,818A^2 + 124,81A - 212,22$	0,97
Насіннєве штучне	$Y = -0,0358A^2 + 0,806A + 3,4236$	0,90	$Y = -0,0482A^2 + 0,9863A + 2,4553$	0,92
	$D = -0,0668A^2 + 4,2017A - 0,8541$	0,99	$D = -0,1452A^2 + 5,1857A - 4,0248$	0,99
	$H = -0,2165 \times A^2 + 5,1064 \times A - 4,1446$	0,99	$H = -0,245A^2 + 5,6446A - 5,9709$	0,99
	$M_{\text{мод.}} = -3,7747A^2 + 79,471A - 125,23$	0,99	$M_{\text{мод.}} = -3,725A^2 + 82,573A - 133,66$	0,99
	$M_{\text{етал.}} = -6,6305A^2 + 121,16A - 122,58$	0,98	$M_{\text{етал.}} = -7,483A^2 + 130,45A - 114,02$	0,98

Упровадження принципів невиснажливого лісочористування потребує визначення потенційної продуктивності лісових земель (максимально можливої в певних лісорослинних умовах). Для досягнення цієї мети розраховано показники використання лісорослинного потенціалу (ВЛП, %) дубовими насадженнями (табл. 2).

Таблиця 2

Динаміка таксаційних показників дубових насаджень Лівобережного Лісостепу та показники використання ними лісорослинного потенціалу

A, років	Y, од.	D, см	H, м	M _{мод.} , м ³ ·га ⁻¹	M _{етал.} , м ³ ·га ⁻¹	ВЛП, %	Y, од.	D, см	H, м	M _{мод.} , м ³ ·га ⁻¹	M _{етал.} , м ³ ·га ⁻¹	ВЛП, %
Порослєві насадження												
Ліси природоохоронного, наукового, історико-культурного призначення							Захисні ліси					
20	3,7	11,0	8,0	43	87	49	3,9	12,2	8,5	67	132	51
30	4,3	14,5	11,4	88	175	51	4,4	15,3	11,6	107	213	50
40	5,0	17,9	14,4	129	250	52	5,0	18,3	14,5	144	281	51
50	5,5	21,1	17,0	165	312	53	5,5	21,3	17,1	176	339	52
60	6,0	24,2	19,3	195	361	54	5,9	24,3	19,3	204	384	53
70	6,5	27,1	21,3	220	398	55	6,4	27,3	21,2	228	418	55
80	6,8	29,9	22,9	240	422	57	6,8	30,2	22,7	248	440	56
90	7,1	32,5	24,1	255	433	59	7,1	33,0	24,0	264	450	59
100	7,4	34,9	25,0	265	431	61	7,5	35,8	24,9	275	449	61
110	7,6	37,2	25,6	270	417	65	7,8	38,6	25,5	283	436	65
120	7,7	39,3	25,8	270	390	69	8,1	41,4	25,8	286	411	70
Сер.	7,1	33,1	23,8	251	—	60	6,9	32,0	22,9	242	—	58
Рекреаційно-оздоровчі ліси							Експлуатаційні ліси					
20	3,8	10,7	7,6	55	129	43	3,4	6,6	5,5	31	51	61
30	4,7	14,0	11,1	98	219	45	3,9	11,2	9,9	93	146	64
40	5,5	17,2	14,2	138	297	46	4,4	15,6	13,8	147	229	64
50	6,2	20,4	17,0	173	362	48	4,9	19,6	17,2	194	299	65
60	6,7	23,5	19,4	204	414	49	5,4	23,5	20,1	233	357	65
70	7,2	26,5	21,4	230	454	51	5,8	27,0	22,4	264	403	66
80	7,5	29,5	23,1	252	481	52	6,2	30,3	24,2	287	435	66
90	7,7	32,3	24,4	271	495	55	6,5	33,3	25,4	303	456	67
100	7,7	35,2	25,3	284	497	57	6,8	36,0	26,1	311	463	67
110	7,7	37,9	25,8	294	486	60	7,1	38,4	26,3	312	458	68
120	7,7	40,6	26,0	299	462	65	7,4	40,6	26,4	304	441	69
Сер.	7,6	31,8	23,4	251	—	54	6,4	33,0	24,5	285	—	66
Природні насіннєві насадження												
Ліси природоохоронного, наукового, історико-культурного призначення							Захисні ліси					
20	5,0	7,7	5,3	12	22	56	5,0	6,8	5,0	20	59	33
30	5,0	11,7	9,6	62	110	56	5,2	11,1	9,0	70	140	50

Закінчення табл. 2

A, років	У, од.	D, см	H, м	M мод., м ³ ·га ⁻¹	M етал., м ³ ·га ⁻¹	ВЛП, %	У, од.	D, см	H, м	M мод., м ³ ·га ⁻¹	M етал., м ³ ·га ⁻¹	ВЛП, %
40	5,1	15,6	13,3	120	184	65	5,4	15,3	12,6	115	213	54
50	5,3	19,3	16,6	172	250	69	5,6	19,2	15,7	155	276	56
60	5,5	22,9	19,4	208	307	68	5,8	23,0	18,4	190	331	57
70	5,7	26,4	21,8	249	355	70	6,1	26,6	20,7	219	378	58
80	6,0	29,7	23,7	274	393	70	6,4	30,1	22,5	242	416	58
90	6,4	32,9	25,1	291	422	69	6,6	33,3	23,9	261	445	59
100	6,8	35,9	26,0	303	441	69	6,9	36,4	24,9	274	466	59
110	7,2	38,8	26,5	305	450	68	7,2	39,2	25,4	281	478	59
120	7,7	41,6	26,5	300	452	66	7,5	41,9	25,5	283	482	59
Сер.	6,7	35,8	24,9	282	–	68	6,6	33,2	23,0	249	–	59
Рекреаційно-оздоровчі ліси							Експлуатаційні ліси					
20	4,8	8,3	5,5	28	56	50	–	–	–	–	–	–
30	5,2	12,0	9,3	68	131	52	4,1	10,1	8,5	61	110	55
40	5,5	15,7	12,7	116	198	58	4,5	14,0	12,1	116	194	60
50	5,9	19,2	15,7	158	258	61	5,0	17,8	15,2	164	266	62
60	6,2	22,6	18,3	194	309	63	5,4	21,4	18,0	205	327	63
70	6,6	25,9	20,6	226	353	64	5,8	24,8	20,4	238	376	63
80	6,9	29,1	22,5	251	389	65	6,2	28,1	22,4	265	414	64
90	7,3	32,2	24,0	271	417	65	6,5	31,3	24,0	284	440	65
100	7,6	35,2	25,2	286	438	65	6,8	34,3	25,2	296	454	65
110	8,0	38,1	25,9	295	450	66	7,1	37,2	26,1	301	457	66
120	8,3	40,8	26,3	299	455	66	7,3	39,9	26,5	299	448	67
Сер.	7,3	33,2	23,6	268	–	64	6,4	31,8	23,6	279	–	65
Штучні насадження												
Ліси природоохоронного, наукового, історико-культурного призначення							Захисні ліси					
20	4,8	6,5	4,4	26	85	31	4,9	7,3	5,2	29	83	35
30	5,4	10,2	8,5	71	187	38	5,5	11,1	9,2	79	181	44
40	6,0	13,7	12,2	122	275	44	6,1	14,9	12,8	132	256	52
50	6,5	17,3	15,5	167	349	48	6,6	18,5	16,0	178	317	56
60	6,9	20,8	18,4	207	408	51	7,0	22,0	18,7	216	366	59
70	7,3	24,3	20,8	242	453	54	7,3	25,3	21,0	246	401	61
80	7,6	27,7	22,8	272	483	56	7,6	28,5	22,9	269	422	64
90	7,8	31,1	24,4	297	499	60	7,8	31,6	24,3	284	431	66
100	8,0	34,5	25,6	317	500	63	7,9	34,5	25,3	292	426	69
110	8,1	37,9	26,4	331	488	68	8,0	37,3	25,8	292	408	72
120	8,2	41,2	26,8	341	460	74	7,9	39,9	26,0	285	377	76
Сер.	7,1	22,8	19,0	220	–	62	7,0	22,2	18,3	207	–	67
Рекреаційно-оздоровчі ліси							Експлуатаційні ліси					
20	5,2	7,0	4,9	26	98	26	4,2	5,8	4,3	27	77	35
30	5,9	10,6	8,7	70	184	38	5,0	10,2	8,8	81	210	38
40	6,4	14,2	12,2	120	257	47	5,6	14,4	12,7	137	288	48
50	6,9	17,7	15,3	165	326	50	6,2	18,3	16,1	186	351	53
60	7,3	21,1	18,1	205	372	55	6,6	21,9	19,1	228	399	57
70	7,6	24,4	20,6	240	395	61	7,0	25,2	21,5	262	432	61
80	7,8	27,6	22,7	272	474	57	7,3	28,2	23,5	289	451	64
90	7,8	30,8	24,5	298	491	61	7,4	30,9	25,0	308	454	68
100	7,8	33,9	25,9	320	494	65	7,5	33,3	26,0	320	442	72
110	7,8	36,9	27,0	337	484	70	7,5	35,4	26,5	314	426	74
120	7,8	39,8	27,8	350	470	74	7,4	37,3	26,5	281	374	75
Сер.	7,3	21,0	17,7	199	–	63	6,6	21,1	17,8	210	–	66

Важливо враховувати особливості динаміки продуктивності різних за походженням дубових насаджень. Попередніми дослідженнями (Rumiantsev 2017, Tkach et al. 2019) встановлено, що в Лівобережному Лісостепу переважають за площею дубові насадження

порослевого походження, частка площі яких становить 57 % від загальної площі дубових лісів, або 163 тис. га. Штучні дубняки ростуть на площі 101 тис. га (36 %), а найцінніші дубняки насінневого природного походження займають лише 7 % від загальної площі (20 тис. га). Ведення лісового господарства в дубових лісах має бути спрямоване на формування та збільшення частки насаджень природного насінневого походження, які є стійкішими та довговічнішими (Tkach et al. 2014). Для цього доцільно впроваджувати лісогосподарські заходи, спрямовані на природне насіннєве відновлення дубових лісів.

Результати розрахунків свідчать, що частка дуба звичайного в складі дубових насаджень Лівобережного Лісостепу незалежно від їхнього походження та категорії лісів із віком поступово збільшується від 3,5–5 одиниць у 20-річному віці до 7–8 одиниць у 120-річному.

Отже, з віком у складі дубових насаджень зменшується частка супутніх порід унаслідок їхнього видалення під час проведення рубок формування та оздоровлення лісів, природного відпаду тощо. Це є негативним моментом, адже такі насадження є менш стійкими, не відповідають природі дуба, зменшують ефективність виконання своїх еколого-захисних функцій і потребують проведення відповідних заходів.

Серед дубняків Лівобережного Лісостепу максимальними діаметром і висотою характеризуються 120-річні насадження незалежно від походження та категорії лісів. Так, середнє значення діаметра коливається в межах 39–42 см, висоти – 26–28 м.

Серед модальних дубових насаджень Лівобережного Лісостепу максимальною продуктивністю відзначаються штучні насінніві ліси, найменшою – порослеві дубняки. Різниця між запасами штучних і природних насінневих насаджень з віком збільшується від 3 до 13 %, а між запасами штучних насінневих і порослевих насаджень – від 3 до 22 % (рис. 1). Слід відзначити, що запас дубових порослевих насаджень із 90–100-річного віку починає зменшуватися, тож у майбутньому вони найперше потребуватимуть заміни. Такі насадження потребують проведення поступових рубок головного користування в експлуатаційних лісах, а також лісовідновних рубок – в лісах, виключених із режиму головного користування, із подальшим їхнім відновленням природним насіннєвим або штучним шляхом (Tkach et al. 2014, 2018b, 2019).

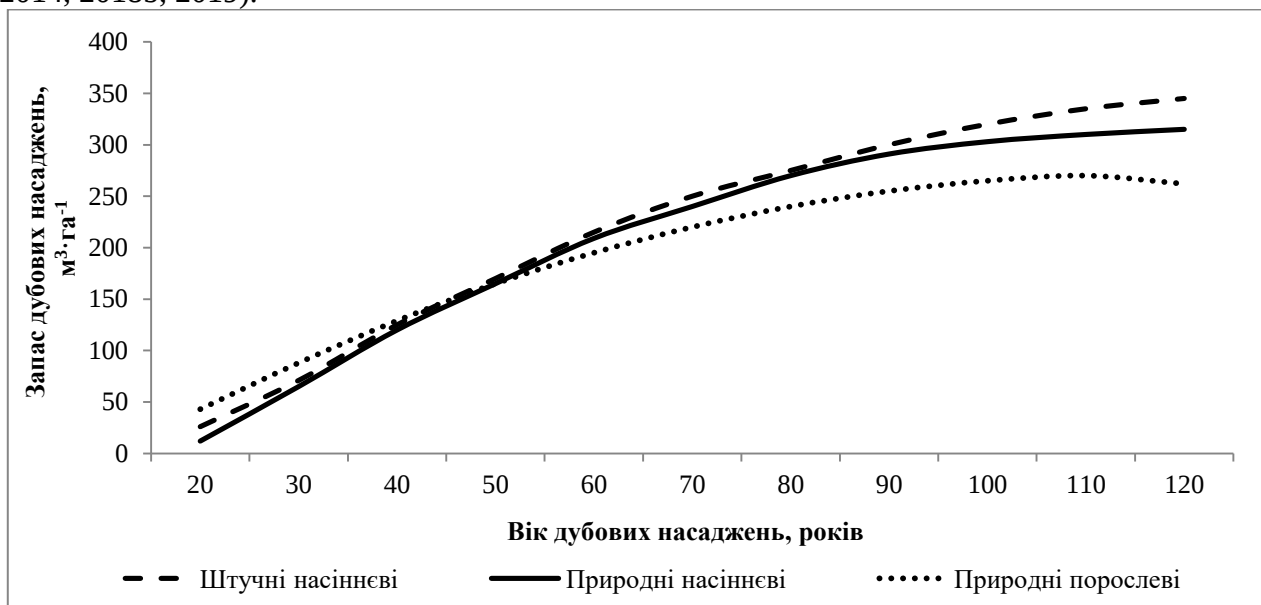


Рис. 1 – Динаміка запасів дубових насаджень Лівобережного Лісостепу з урахуванням походження

Експлуатаційні дубові ліси в молодому віці дещо поступаються лісам інших категорій, проте, починаючи з четвертого класу віку, вони перевершують дубняки захисних лісів (на 2–13 %), рекреаційно-оздоровчих лісів (на 2–14 %) та лісів природоохоронного, наукового та історико-культурного призначення (на 5–17 %) (рис. 2).

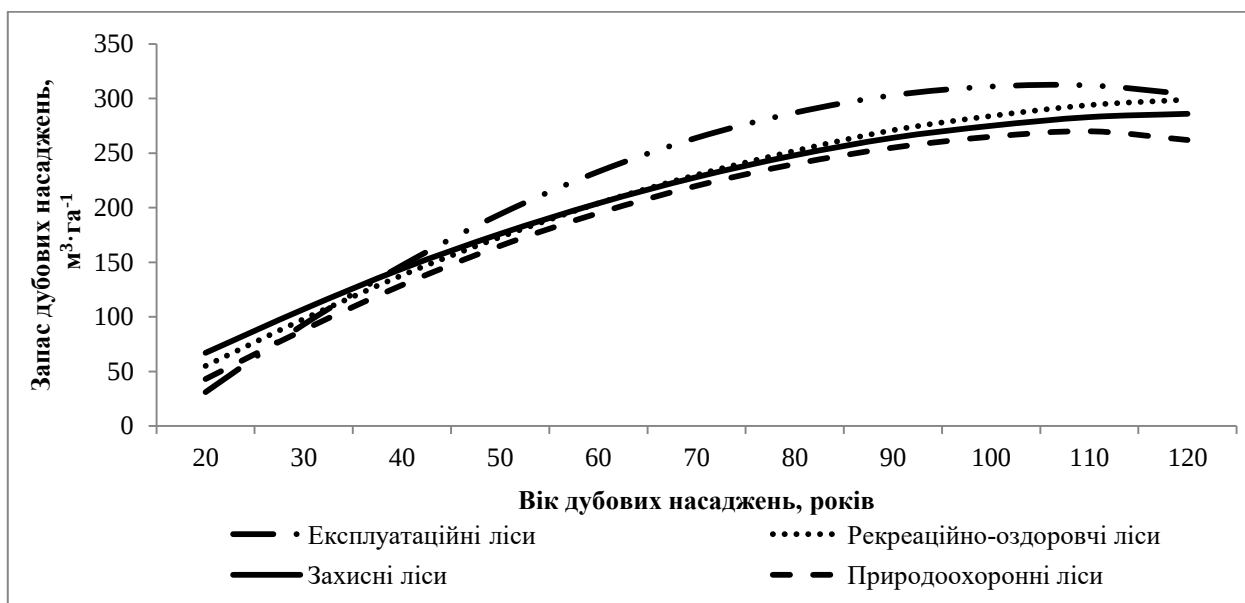


Рис. 2 – Динаміка запасів дубових насаджень Лівобережного Лісостепу з урахуванням категорій лісів

Слід зазначити також, що в експлуатаційних лісах дещо меншим є значення показників використання насадженнями лісорослинного потенціалу (див. табл. 2–4), що пов'язане з активною господарською діяльністю, яка не є обмеженою в лісах цієї категорії.

Загалом середні значення показників ВЛП становлять: для дубових насаджень порослевого походження в лісах природоохоронного, наукового, історико-культурного призначення 60 %, у рекреаційно-оздоровчих лісах – 54 %, у захисних лісах – 58 % та в експлуатаційних лісах – 66 %; для дубових насаджень насіннєвого природного походження – 68, 64, 59 і 65 % відповідно та для дубових насаджень насіннєвого штучного походження – 62, 63, 67 і 66 % відповідно. Основою підвищення продуктивності дубових лісів Лівобережного Лісостепу має стати диференціація систем ведення лісового господарства та окремих лісогосподарських заходів на зонально-типологічній основі (Tkach et al. 2018a). Під час визначення обсягів і черговості проведення відповідних лісогосподарських заходів доцільно використовувати розроблені таблиці продуктивності модальних і високопродуктивних (еталонних) деревостанів та наведені показники використання лісорослинного потенціалу.

Висновки. Умови Лівобережного Лісостепу загалом є сприятливими для успішного росту високопродуктивних дубових насаджень, проте в регіоні переважають порівняно низькопродуктивні порослєві дубняки. Ведення лісового господарства повинне бути спрямоване на вирощування насаджень штучного та природного насіннєвого походження, які відзначаються кращими таксаційними показниками (діаметр, висота, запас) проти порослевих, незалежно від категорії лісів.

Незважаючи на сприятливі лісорослинні умови Лівобережного Лісостепу для успішного росту дубових насаджень, показники ефективності використання ними лісорослинного потенціалу незалежно від категорії лісів і походження є невисокими та коливаються в межах 54–68 %.

Своєчасне проведення відповідних рубок формування й оздоровлення лісу, ширше впровадження в лісогосподарське виробництво поступових рубок головного користування в експлуатаційних лісах і лісовідновних рубок – у лісах, виключених із режиму головного користування, з подальшим їхнім відновленням природним насіннєвим або штучним шляхом, дають змогу поліпшити вікову структуру дубових насаджень регіону та підвищити їхню продуктивність. Першочергового проведення лісовідновних заходів потребують порослєві насадження віком понад 90 років в усіх категоріях лісів.

Розроблені таблиці динаміки продуктивності модальних насаджень доцільно застосовувати для прогнозування росту дубових насаджень Лівобережного Лісостепу, а також під час визначення обсягів і черговості проведення в них відповідних лісогосподарських заходів.

ПОСИЛАННЯ – REFERENCES

- Buzykin, A. I. 1989. Possibilities of increasing productivity of forests. In: Forest productivity factors. Novosibirsk, Nauka, 119–129 (in Russian).
- Forest Fund Information Book of Ukraine. 2012. Composed by Production and Technology Department of State Project Forestry Production association “Ukrderzhlisproekt” based on the state records of forests for 01.01.2011. Irpin, Ukrderzhlisproekt, 130 p. (in Ukrainian).
- Holovach, R. V. 2008. Productivity of natural oak stands in a fresh maple-lime oakery of the Left-Bank Forest Steppe. Forestry and Forest Melioration, 113: 137–141 (in Ukrainian).
- Ivaniuk, I. D. and Landin, V. P. 2019. Current condition and productivity of common oak stands (*Quercus robur* L.) in the forest fund of Municipal enterprise ‘Zhytomyroblagrolis’. Agroecological Journal, 1: 23–28 (in Ukrainian).
- Kopiy, L. I., Phizyk, I. V., Kopiy, S. L., Ahij, V. O., Kopiy, M. L. 2015. Some distribution features and performance of oak forests of Transcarpathia. Scientific Bulletin of UNFU, 25(1): 69–74 (in Ukrainian).
- Lunachevskyy, L. S. 2009. Productivity of artificial oak stands in the Left-bank Forest Steppe of Ukraine in the fresh maple-lime oak grove. Forestry and Forest Melioration, 115: 102–105 (in Ukrainian).
- Lunachevskyy, L. and Rumiantsev, M. 2020. Features of the growth of modal artificial oak stands of the Left-bank Forest-Steppe zone and using the forest growth potential. Scientific Horizons, 03(88): 106–115 (in Ukrainian).
- Matusiak, M. V. 2019. The use of typological potential of major species in Podillya region. Scientific Bulletin of UNFU, 29(2): 20–22 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.15421/40290203>.
- Nazarenko, V. V. and Pasternak, V. P. 2016. Patterns of formation of forest types of Forest-steppe of the Kharkiv region. Kharkiv, KhNAU, 190 p. (in Ukrainian).
- Rumiantsev, M. G. 2017. Features of natural regeneration of the main forest forming species in oak forests in the Left-bank Forest-Steppe of Ukraine. PhD thesis. Kharkiv, 179 p. (in Ukrainian).
- Tkach, V. P., Kobets, O. V., Rumiantsev, M. H. 2018a. Use of forest site capacity by forests of Ukraine. Forestry and Forest Melioration, 132: 3–12 (in Ukrainian).
- Tkach, V. P., Luk'yanets, V. A., Rumyantsev, M. G. 2014. Advance regeneration of tree species in fresh maple-lime oak forest of the Left-Bank Forest-Steppe. Forestry and Forest Melioration, 124: 47–54 (in Ukrainian).
- Tkach, V. P., Luk'yanets, V. A., Tarnopyl'ska, O. M., Rumyantsev, M. G. 2018b. Ways for reconstruction of noncommercial coppice oak stands in Left-bank Forest-Steppe zone. Forestry and Forest Melioration, 132: 48–56 (in Ukrainian).
- Tkach, V., Rumiantsev, M., Kobets, O., Luk'yanets, V., Musienko, S. 2019. Ukrainian plain oak forests and their natural regeneration. Forestry Studies, 71: 17–29. <https://doi.org/10.2478/fsmu-2019-0010>.
- Turkevych, I. V., Medvedev, L. A., Mokshanina, I. M., Lebedev, E. V. 1973. Methodological guidelines for determining the potential productivity of forest lands and the degree of their effective use. Kharkiv, URIFFM, 72 p. (in Russian).
- Vedmid, M. M. 2005. Forest resources of the Left-bank Forest-Steppe of Ukraine and the use of lands potential productivity by forest stands. Forestry and Forest Melioration, 108: 3–8 (in Ukrainian).
- Vedmid, M. M. and Havrylov, V. A. 2004. To the issue of forest lands potential productivity evaluation. Forestry and Forest Melioration, 107: 14–19 (in Ukrainian).

Rumiantsev M. H., Kobets O. V.

MENSURATION INDICATORS AND PRODUCTIVITY OF OAK STANDS IN THE LEFT-BANK FOREST-STEPPE ZONE OF UKRAINE

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

The dynamics of mensuration indicators of oak stands in the Left-Bank Forest-Steppe zone, Ukraine, was studied to develop effective forest operations aimed at enhancing their productivity and environmental functions. The forest site capacity utilization rates have been calculated for oak stands of various origins by a relation of their actual productivity to the potential one. The productivity dynamics tables for the oak stands have been developed in terms of their origin and forest categories. These tables are recommended to apply when predicting growth of modal stands. Moreover, they can help determine a range of forest operations and their priority.

Key words: English oak (*Quercus robur* L.), forest categories, stand origin, modal stands.

E-mail: maxrum-89@ukr.net; alexei_kobec@ukr.net

Одержано редакцією 16.07.2020

СЕЛЕКЦІЯ, ДЕНДРОЛОГІЯ

УДК 630.160:630.416.16:674.032.475.442

<https://doi.org/10.33220/1026-3365.137.2020.16>



В. А. ДИШКО

ОСОБЛИВОСТІ СОРТОВИПРОБУВАННЯ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ НА СТІЙКІСТЬ ДО КОРЕНЕВОЇ ГУБКИ У ЛІСОСТЕПОВІЙ ЧАСТИНІ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького

Висвітлено результати обстеження потомств клонових насінних плантацій (КНП) сосни звичайної – кандидатів у сорти-популяції синтетичні та їхніх регіональних контрольних варіантів (Харківська, Київська, Волинська області), які випробовують у ДП «Гутянське ЛГ» Харківської області. У всіх варіантах визначено таксаційні показники дерев, селекційну категорію, стан та особливості радіального приросту. Проаналізовано особливості накопичення шарів пізньої та ранньої деревини та визначено їхні частки у радіальному прирості. Як критерій, що характеризує стійкість дерев до кореневої губки, запропоновано використати частку пізньої деревини в радіальному прирості. Перспективність використання насіння з КНП, потомства яких випробовують на ділянці, у локальних умовах вирощування, оцінювали за висотою, діаметром, селекційною категорією, станом і часткою пізньої деревини у річному прирості. Перспективними для вирощування у Лісостеповій частині Харківської області виявилися кандидати у сорти-популяції 'Київський-3', 'Прихилківський-1', 'Прихилківський-2'. Ефективність використання частки пізньої деревини як маркерної ознаки стійкості потребує подальшого підтвердження.

Ключові слова: *Pinus sylvestris* L., *Heterobasidion annosum* s. l., кандидати у сорти-популяції, селекційні ознаки, комплексне оцінювання, радіальний приріст, потомства КНП.

Вступ. Одним із найнебезпечніших збудників хвороб, що уражують соснові насадження і призводять до значної втрати деревини та зниження захисних властивостей лісів, є коренева губка *Heterobasidion annosum* s. l. Відсутність об'єктивних критеріїв для оцінювання ступеня стійкості сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) до цього патогена спонукає до пошуку морфологічних і біохімічних маркерних ознак стійкості дерев до ураження кореневою губкою. Вчені припускають, що важливу роль у забезпеченні стійкості сосни до несприятливих факторів навколишнього середовища, у т.ч. до кореневої губки, можуть відігравати особливості анатомічної будови деревини стовбура, зокрема формування пізньої деревини у радіальному прирості дерев (Chernykh 1965, Gori et al. 2012, Dyshko & Torosova 2016). Водночас більшість дендрохронологічних досліджень спрямовані на вивчення стану лісових насаджень у зонах антропогенного впливу та атмосферного забруднення (Shchetinkin & Shchetinkina 2014, Koval 2016).

Із літературних джерел відомо, що на радіальний приріст деревних рослин впливають екологічні й кліматичні фактори: світло, температура, родючість ґрунту, забезпеченість вологою, інтенсивність транспірації та асиміляції тощо (Tuovinen et al. 2000, Schmitt et al. 2004). Сукупна дія цих факторів створює специфічну структуру деревини, а також позначається на особливостях формування шарів ранньої та пізньої деревини. Важливість діагностичного значення частки пізньої деревини в радіальному прирості для стійкості сосни звичайної до ураження кореневою губкою відзначено в роботах низки вчених (Chernykh 1965, Gori et al. 2012, Dyshko & Torosova 2018). Обстеження дерев сосни звичайної, що ростуть на висоті 850–900 м, 1 300 м і 1 950 м над рівнем моря, показало, що розміри трахеїд у пізній деревині дерев із підвищеною резистентністю до ураження кореневою губкою були на 20 % більшими, ніж у сприйнятливих до хвороби екземплярів (Gori et al. 2012). Нами виявлено, що до 20-річного віку дерева, які тривалий час зберігають життєздатність на високому патологічному фоні і зовні не виявляють ознак хвороби, характеризуються меншим річним радіальним приростом і більшою часткою пізньої деревини, ніж схильні до ураження (Dyshko & Torosova 2016). Оскільки річні кільця дерев здатні відбивати у своїй мінливості інформацію про дії різноманітних чинників за дуже тривалий період часу, вивчення цієї ознаки дасть змогу оперативно й об'єктивно характеризувати не лише стан

лісових насаджень у просторовому і часовому аспектах, але й оцінювати вплив різних факторів на коливання річного приросту.

Коренева губка, уражуючи сосну звичайну, діє як дуже жорсткий фактор природного відбору і надає змогу виявляти стійкіші генотипи в популяціях, що дає можливість вважати їх перспективними об'єктами для селекції. Відбір дерев із підвищеною стійкістю до ураження кореневою губкою та створення на їхній основі сортів може стати кардинально новим етапом у розвитку лісонасінної справи. Перехід лісокультурного виробництва на вирощування в певних лісорослинних умовах визначених районованих сортів із підвищеною пристосовуваністю до умов довкілля може забезпечити підвищення не лише продуктивності та якості, але й стійкості нових лісів (Tkach et al. 2013). Комплексне оцінювання потомств клонових насінних плантацій (КНП) з урахуванням стійкості до кореневої губки дасть змогу виявити та запропонувати виробництву найперспективніші серед них для вирощування в локальних умовах (Review 2011, Los et al. 2014, Dyshko & Torosova 2018).

Метою дослідження є удосконалення комплексного оцінювання кандидатів у сорти-популяції синтетичні сосни звичайної.

Матеріали й методи. Обстежували сортовипробні культури сосни звичайної, створені у 1999 р. в 110 кв. Володимирівського лісництва ДП «Гутиянське ЛГ» (Харківська область) на площі 1 га з розміщенням садивних місць $2,5 \times 0,75$ м (ТЛУ – В₂–С₂). На ділянці представлені потомства КНП з Харківської ('Прихилківський-1', 'Прихилківський-2', 'Географічний', 'Специфічний'), Київської ('Київський-3', 'Київський-4', 'Київський-5') і Волинської ('Луцький-2', 'Луцький-3') областей. Як місцевий контроль для всіх варіантів використали потомство, вирощене з насіння виробничого збору ДП «Гутиянське ЛГ» (Гути-контроль), як регіональний (Харків-контроль, Київ-контроль, Волинь-контроль) – із державних підприємств лісового господарства відповідних областей. Усі варіанти розміщено рендомізовано в трикратній повторності. За загальноприйнятими в лісівництві методиками (Hrom 2007) визначили таксаційні показники дерев (висоту і діаметр), санітарний стан і селекційну категорію (СК) – за методикою, розробленою в УкрНДЛГА (Methods 2019). Розраховували перевищення місцевого (K_1) і регіонального (K_2) контролю за середніми показниками діаметра й висоти для варіантів. У кожному варіанті відібрали 20 дерев, зі східного боку яких буравом Преслера на висоті 1,3 м перпендикулярно поздовжній осі стовбура висвердлювали керни. Відібрані зразки вміщували у паперові контейнери для транспортування, висушували й зберігали до вимірювання кілець, зазначаючи назву варіанту й номер дерева. Під час камерального аналізу для збільшення контрастності кілець поверхню кернів ретельно зачищували бритвою, за необхідності втирали дрібно розмелений зубний порошок. Річні прирости вимірювали за допомогою пристрою HENSON із точністю до 0,01 мм. Вимірювання починали з останнього річного приросту (Tishin 2015). Визначали ширину шарів пізньої й ранньої деревини в радіальному прирості кожного зразка та їхні частки (рис. 1).



Рис. 1 – Частина керна з шарами кілець пізньої та ранньої деревини

Для оцінювання варіантів, репрезентованих на ділянці, за продуктивністю та станом використовували комплексну балову шкалу з методики сортовипробування, яка передбачає оцінювання за висотою, діаметром, селекційною категорією та станом (Vysotska 2012, Methods 2019). Максимальна сумарна кількість балів (ΣB) за цією шкалою – 20.

Перспективними вважали варіанти, в яких сумарний бал був вищим за 15; відносно перспективними – від 10 до 15, неперспективними – менше ніж 10. Для оцінювання варіантів із урахуванням стійкості до кореневої губки до шкали комплексного оцінювання запропоновано додати новий показник – частку пізньої деревини в радіальному прирості. Перспективність використання насіння з КНП, потомства яких представлені на ділянці, для вирощування в локальних умовах визначали за сумою балів. Максимальна сумарна кількість балів (ΣB) за цією шкалою – 25. Перспективними вважали варіанти, в яких сумарний бал був вищим за 18; відносно перспективними – варіанти, в яких сумарний бал становив від 13 до 18 включно, малоперспективними – решту варіантів.

Результати та обговорення. Результати наших попередніх досліджень сосни звичайної з різним санітарним станом у насадженнях, уражених кореневою губкою (Dyshko & Torosova 2016), показали, що частка пізньої деревини в радіальному прирості дерев, які зберегли життєздатність («стійкі») на тривалому патологічному фоні, є більшою, як порівняти з усихаючими (46 і 28 % відповідно).

Потомства КНП, представлені для сортовипробування на ділянці у ДП «Гутянське ЛГ», обстежено за інтенсивністю росту (висота, діаметр), станом і селекційною категорією. Результати обстеження (табл. 1), свідчать, що за висотою й діаметром місцевий контроль перевершують три кандидати в сорти-популяції («Прихилківський-2», «Специфічний», «Київський-3»).

Таблиця 1

Особливості росту й стану сосни звичайної в сортовипробних культурах ДП «Гутянське ЛГ»

Назва варіанту	Висота		Діаметр		Частка дерев із прямими стовбурами, I+II СК, %	Індекс санітарного стану, I_c
	$X_{\text{сеп}} \pm m$, м	C_v , %	$X_{\text{сеп}} \pm m$, см	C_v , %		
Гути-контроль	$16,6 \pm 0,23$	6,2	$14,9 \pm 0,44$	13,1	10	$2,5 \pm 0,08$
Харків-контроль	$16,6 \pm 0,19$	5,0	$14,2 \pm 0,37$	11,6	5	$2,6 \pm 0,08$
«Прихилківський-1»	$16,3 \pm 0,38$	9,8	$16,3 \pm 0,74$	19,9	25	$2,3 \pm 0,07$
«Прихилківський-2»	$17,3 \pm 0,31$	7,9	$16,0 \pm 0,59$	16,5	20	$2,3 \pm 0,08$
«Географічний»	$16,4 \pm 0,24$	6,5	$16,9 \pm 0,52$	14,3	25	$2,5 \pm 0,07$
«Специфічний»	$16,9 \pm 0,54$	14,7	$14,8 \pm 0,45$	13,6	10	$2,3 \pm 0,06$
Київ-контроль	$15,9 \pm 0,39$	11	$15,3 \pm 0,88$	25,6	10	$2,4 \pm 0,08$
«Київський-3»	$17,2 \pm 0,38$	9,8	$16,7 \pm 0,85$	22,7	30	$2,3 \pm 0,07$
«Київський-4»	$16,6 \pm 0,29$	7,9	$14,1 \pm 0,51$	16,3	15	$2,5 \pm 0,06$
«Київський-5»	$16,7 \pm 0,25$	6,6	$14,5 \pm 0,44$	13,5	15	$2,1 \pm 0,08$
Волинь-контроль	$16,1 \pm 0,23$	6,5	$13,5 \pm 0,61$	20,2	20	$2,5 \pm 0,07$
«Луцький-2»	$16,5 \pm 0,28$	7,5	$14,8 \pm 0,56$	16,9	20	$2,3 \pm 0,07$
«Луцький-3»	$16,4 \pm 0,22$	6,2	$15,6 \pm 0,67$	19,6	10	$2,3 \pm 0,08$

Примітка: 1. Грубим шрифтом виділено варіанти, що статистично достовірно різняться з місцевим контролем (t_1).

2. Грубим шрифтом і курсивом виділено варіанти, які статистично достовірно різняться з регіональним контрольним варіантом своєї області (t_2) при $p_{0,05} = 2,09$; $p_{0,01} = 2,86$.

3. Скорочення: СК – селекційна категорія.

Потомства «Прихилківський-1» ($K_1 = 10,4$ %) і «Луцький-3» ($K_1 = 4,7$ %) відзначаються більшими, ніж контроль, діаметрами, але поступаються йому за висотою. У решти кандидатів у сорти-популяції середні висоти – на рівні контролю ($K_1 = 4,7 \dots 10,4$ %), а середні діаметри – менші. За висотою дещо поступаються регіональним контрольним варіантам кандидати в сорти-популяції «Прихилківський-1» ($K_2 = -1,0$ %) і «Географічний» ($K_2 = -1,0$ %), а за діаметром – «Київський-4» ($K_2 = -7,8$ %) і «Київський-5» ($K_2 = -5,3$ %). За

діаметром суттєві відмінності від місцевого контролю підтверджено для варіанту ‘Специфічний’ ($t_{\text{факт.}} = 2,9$). Водночас відмінності між потомствами й місцевим контролем були меншими ($K_1 = \pm 13,2\%$), ніж між ними та їхніми регіональними контрольними варіантами ($K_2 = \pm 18,6\%$).

За критерієм Стюдента від регіональних контрольних варіантів за висотою суттєво відрізняється варіант ‘Київський-3’ ($t_{\text{факт.}} = 2,4$; $t_{0,05} = 2,02$; $t_{0,01} = 2,70$), а за діаметром – ‘Прихилківський-1’. За часткою дерев із прямими стовбурами (I+II СК) потомства КНП не поступаються місцевому контролю, а в більшості варіантів перевершують (див. табл. 1). Найкращим серед кандидатів у сорти-популяції за цією ознакою виявився варіант ‘Київський-3’ (30%). На рівні контролю – ‘Специфічний’ і ‘Луцький-3’. За санітарним станом всі потомства КНП ($I_c = 2,1 \dots 2,5$), за винятком ‘Географічний’ (індекс санітарного стану $I_c = 3,0$), не поступаються місцевому контролю ($I_c = 2,5$). Суттєво кращим за нього виявився варіант ‘Київський-5’ ($I_c = 2,1$), решта – на рівні ($I_c = 2,5$) або дещо кращі ($I_c = 2,3$).

Результати комплексного оцінювання варіантів за шкалою, наведеною в методиці сортовипробування лісових деревних порід, показали (рис. 2), що в умовах ділянки, розташованої в ДП «Гутянське ЛГ», усі потомства є відносно перспективними ($\Sigma B = 10 \dots 15$). Лідерами серед них є кандидати в сорти ‘Прихилківський-2’ і ‘Київський-3’ ($\Sigma B = 15$), дещо поступаються їм ‘Прихилківський-1’ і ‘Географічний’ ($\Sigma B = 14$). Найменшу сумарну кількість балів має варіант ‘Київський-4’ ($\Sigma B = 10$).

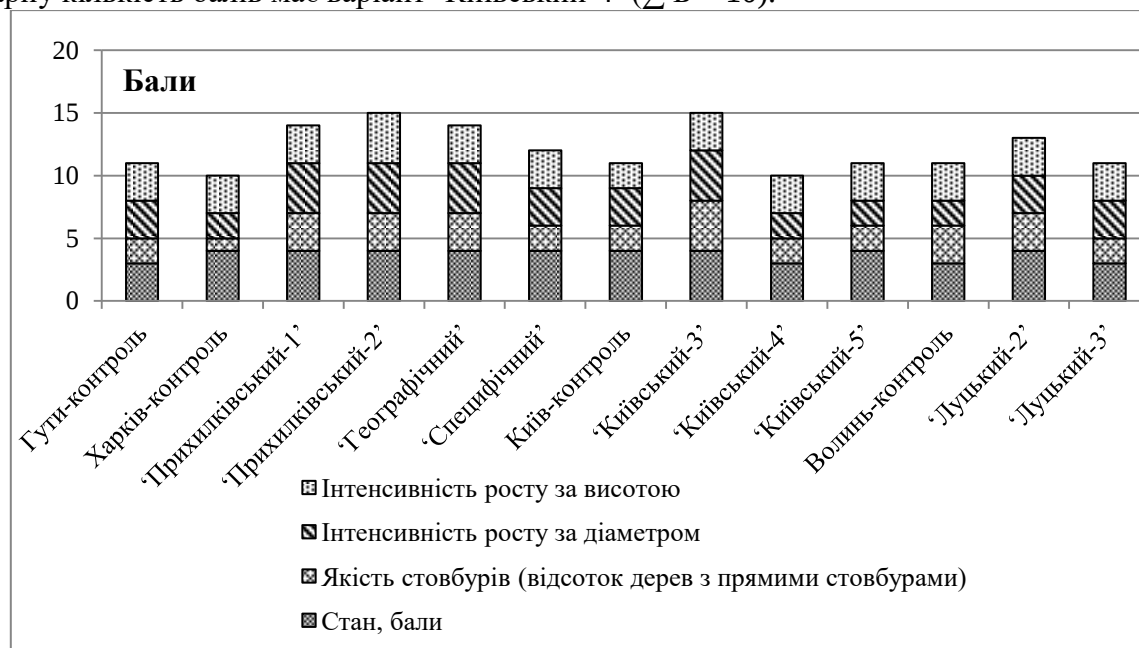


Рис. 2 – Результати комплексного оцінювання кандидатів у сорти-популяції синтетичні та їхніх контрольних варіантів ДП «Гутянське ЛГ»

Дані дендрохронологічних досліджень свідчать, що ширина шарів пізньої деревини в радіальному прирості дерев у варіантах варіює від 0,76 до 1,17 мм, а ранньої – від 2,54 до 3,22 мм (рис. 3). За показником пізньої деревини майже всі кандидати в сорти-популяції, за винятком ‘Прихилківський-1’ і ‘Київський-3’, поступаються місцевому контролю (на 5–17%), а ранньої – перевершують (на 4–18%). Проти регіонального контролю кращими за показником пізньої деревини є потомства КНП з Київської та Волинської областей, а ранньої – всі. Середньорічний радіальний приріст кандидатів у сорти-популяції був більшим, ніж у місцевого контролю, на 1,0–18,6%. Максимальними показниками за цією ознакою відзначаються варіанти ‘Географічний’ й ‘Київський-3’, найменші значення мали потомства КНП ‘Київський-4’ і ‘Київський-5’. Варіювання показників у майже всіх представлених

варіантах, за винятком місцевого контролю, характеризується коефіцієнтами варіації дуже високого рівня мінливості за шкалою С. О. Мамаєва ($C_v = 33...60\%$) (Mamayev 1972).



Рис. 3 – Особливості радіального приросту в сортовипробних культурах сосни звичайної в ДП «Гутянське ЛГ»

Суттєвість відмінностей із місцевим контролем підтверджена статистично для семи потомств КНП, а з регіональним – для 6. Частка пізньої деревини в річних кільцях 20-річних дерев на ділянці варіює в межах 14,7–39,2 %, а ранньої – 60,8–85,2 %. Середня частка ранньої деревини у варіантах становить 21,8–30,7 %, а пізньої – 69,9–78,2 %. За часткою пізньої деревини місцевому контролю (30,7 %) поступають всі варіанти, репрезентовані на ділянці (21,8–28,5 %), а регіональним – лише Харківські.

Щоб оцінити перспективність використання насіння з КНП, потомства яких представлені на ділянці, на територіях із ризиком інфікування кореневою губкою, до методики комплексного оцінювання, розробленої в УкрНДІЛГА (Vysotska 2012, Methods 2019), запропоновано додати критерій – частку пізньої деревини в радіальному прирості (табл. 2).

Таблиця 2

Шкала комплексного оцінювання кандидатів у сорти-популяції за показниками продуктивності, стану та стійкістю до кореневої губки

Бали	Інтенсивність росту за висотою	Інтенсивність росту за діаметром	Якість стовбурів*, %	Стан, бали	Частка пізньої деревини в радіальному прирості
1	поступаються контролю на 10,1 % і більше	поступаються контролю на 30,1 % і більше	0–10,0	4,5–5,0	менша, ніж середня в насадженні, на 30,1 % і більше
2	поступаються контролю на 4,1–10,0 %	поступаються контролю на 10,1–30,0 %	10,1–20,0	3,5–4,4	менша, ніж середня в насадженні, на 10,1–30,0 %
3	на рівні контролю, різниця до $\pm 4,0$ %	на рівні контролю, різниця до $\pm 10,0$ %	20,1–30,0	2,5–3,4	на рівні середньої в насадженні та різниться в межах $\pm 10,0$ %

Закінчення табл. 2

Бали	Інтенсивність росту за висотою	Інтенсивність росту за діаметром	Якість стовбурів*, %	Стан, бали	Частка пізньої деревини в радіальному прирості
4	перевершують контроль на 4,1–10,0 %	перевершують контроль на 10,1–30,0 %	30,1–40,0	1,5–2,4	більша, ніж середня в насадженні, на 10,1–30,0 %
5	перевершують контроль на 10,1 % і більше	перевершують контроль більше ніж на 30,1 %	40,1 і більше	1,0–1,4	більша, ніж середня в насадженні, на 30,1 %

*Частка дерев із прямими стовбурами (I СК + II СК).

Результати комплексного оцінювання (рис. 4) варіантів за запропонованою нами шкалою свідчать, що перспективним для заліснення в районах із ризиком ураження кореневою губкою є кандидат у сорти-популяції 'Київський-3' (ΣБ = 19).

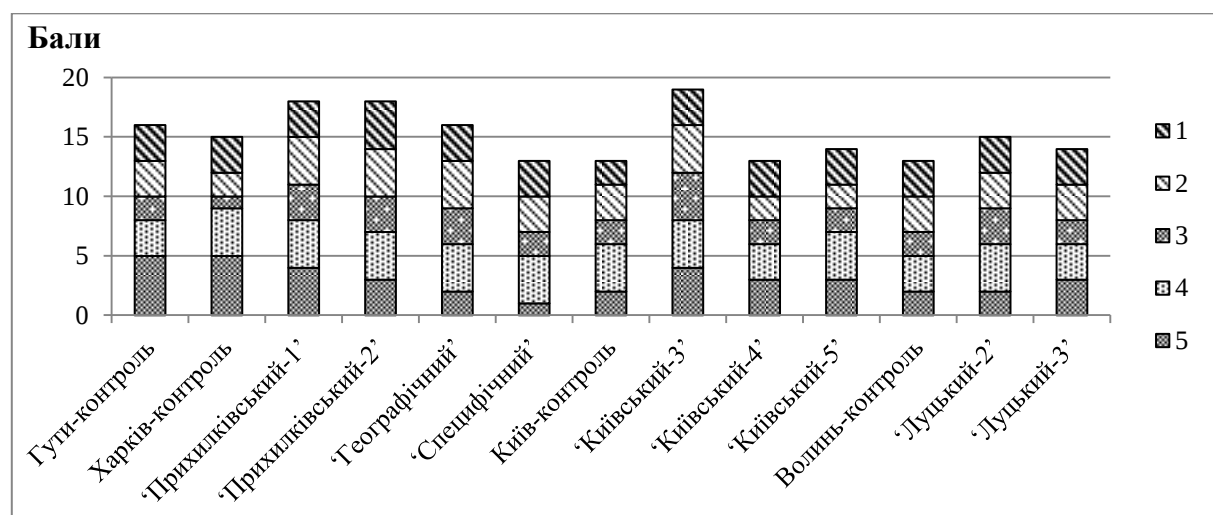


Рис. 4 – Результати комплексного балового оцінювання кандидатів у сорти-популяції синтетичні ДП «Гутянське ЛГ» за показниками продуктивності та стійкості: 1 – інтенсивність росту за висотою; 2 – інтенсивність росту за діаметром; 3 – якість стовбурів (відсоток дерев із прямими стовбурами); 4 – стан, бали; 5 – частка пізньої деревини в річних кільцях

Дещо поступаються йому та є відносно перспективними варіанти 'Прихилківський-1' (ΣБ = 18) і 'Прихилківський-2' (ΣБ = 18). За показниками стійкості до кореневої губки зазначені варіанти перевершують як місцевий (ΣБ = 16), так і регіональний контроль своєї області (Київ-контроль – ΣБ = 13; Харків-контроль – ΣБ = 15). Мінімальною сумою балів оцінено варіанти 'Специфічний' і 'Київський-4' (ΣБ = 13).

Висновки. Комплексне оцінювання кандидатів у сорти-популяції сосни звичайної за запропонованою нами шкалою з урахуванням стійкості до ураження кореневою губкою виявило перспективні варіанти для вирощування у Лісостеповій частині Харківської області: 'Київський-3', 'Прихилківський-1', 'Прихилківський-2'. За часткою пізньої деревини в радіальному прирості під час комплексного оцінювання сосни звичайної можливо виявити диференціацію варіантів за стійкістю до кореневої губки, але ефективність використання цього показника як маркерної ознаки стійкості потребує подальшого підтвердження. Результати комплексного оцінювання свідчать про доцільність використання насіння з клонових насінних плантацій для створення стійких і продуктивних штучних лісів у лісостеповій частині Харківської області.

ПОСИЛАННЯ– REFERENCES

- Chernykh A. G. 1965. Anatomical features of the wood of particular pine specimens survived in the annosum root rot foci. *Forestry and Forest Melioration*, 7: 121–125 (in Russian).
- Dyshko V. A. and 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 (in Ukrainian).
- Dyshko, V. A. and Torosova, L. O. 2018. A comprehensive assessment of candidates to synthetic variety-populations in the Scots pine variety tests in Gutianske Forest Enterprise. *Forestry and Forest Melioration*, 132: 57–65 (in Ukrainian).
- Gori, Y., Camin, F., Cherubini, P., La Porta, N. 2012. Tree-ring as proxies of stress caused by *Heterobasidion parviporum* at three different mature stands in Trentino. Proceeding of the XIII International Conference on Root and Butt Rot of Forest Trees. Firenze (FI) – S. Martino di Castrozza (TN), Italy, 4 th – 10 th September 2012. University Press, Firenze: 62–64.
- Hrom, M. M. 2007. Forest inventory. Lviv, RVV NLTU, 416 p. (in Ukrainian).
- Koval, I. M., Tokareva, N. A., Nevmyvaka, M. O., Voronin, V. O. 2016. Dynamics of radial growth of trees damaged by fire in pine stands in the forest-steppe zone of Kharkiv Region. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University series «Ecology»*, 15: 81–88 (in Ukrainian).
- Los, S. A., Tereshchenko, L. I., Gayda, Yu. I., Ustimenko, P. M. et al. 2014. State of forest genetic resources in Ukraine. Kharkiv, Planeta-Print, 138 p.
- Mamayev, S. A. 1972. The forms of intraspecific variation of woody plants (the case of Pinaceae family in Ural). Moscow, Nauka, 284 p. (in Russian).
- Methods of varietal testing of forest trees. Departmental test (new edition). 2019. [Los, S. A., Tereshchenko, L. I., Torosova, L. O., Hayda, Yu. I., Vysotska, N. Yu., Yatsyk, R. M., Hryhoryeva, V. H., Plotnikova, O. M., Shlonchak, H. A., Mytrochenko, V. V., Dyshko, V. A.]. Kharkiv, 37 p. (in Ukrainian).
- Review of the Swedish tree breeding programme. 2011. Sweden, Skogforsk, 85 p.
- Schmitt, U., Jalkanen, R., Eckstein, D. 2004. Cambium dynamics of *Pinus sylvestris* and *Betula spp.* in the northern boreaforest in Finland. *Silva fenn*, 38(2): 167–178.
- Shchetinkin, S. V. and Shchetinkina, N. A. 2014. Features of radial growth dynamics of English oak in the conditions of radioactive contamination of forests of central forest steppe] *Lesotekhnicheskii zhurnal*, 3: 130–139 (in Russian).
- Tishin, D. V. 2015. Dendroecology (method of tree-ring analysis. Kazan, Kazan University, 36 p. (in Russian).
- Tkach, V. P., Los, S. A., Tereshchenko, L. I., Torosova, L. O., Vysotska, N. Yu., Volosyanchuk, R. T. 2013. Present state and prospects for development of forest breeding in Ukraine. *Forestry and Forest Melioration*, 123: 3–12 (in Ukrainian).
- Tuovinen, M., Sonninen, M., Edouard, J.-L. 2000. The relationship between tree-ring latewood width, early- and latewood density and climate. In: Hicks, S. et al. (Eds.). *Forest response to environmental stress at timberlines final report of the EU project ENV4-CT95-0063*. p. 46–48.
- Vysotska, N. Yu. 2012. Comprehensive evaluation of the success of the introduction of species of the genus *Picea* Dietr. in Eastern Ukraine. PhD thesis. Kharkiv, 226 p. (in Ukrainian).

Dyshko V. A.

PECULIARITIES OF SCOTS PINE VARIETY TESTING FOR RESISTANCE TO ROOT ROT IN THE FOREST-STEPPE PART WITHIN KHARKIV REGION

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

The article outlines the survey results for the offspring of clonal seed orchards (CSOs) of Scots pine, which is the candidates for synthetic population varieties and their regional control variants (Kharkiv, Kyiv, Volyn Regions), tested in Guty State Forest Enterprise in Kharkiv Region. Mensuration characteristics, radial growth specificities, selection category and health condition of the trees were determined for all variants. The specificities in late and early wood growth were analysed using annual tree rings; their proportions in annual growth were determined. The proportion of late wood in the radial growth is proposed to be used in the comprehensive assessment of trees in terms of their productivity and condition, which, according to our assumption, is a clear marker of resistance to root rot caused by *Heterobasidion annosum* s. l. The preliminary results of the comprehensive assessment of the population variety candidates, according to our scale, indicated that the variants 'Kyivsky-3', 'Pryhykivsky-1', 'Pryhykivsky-2' turned out to be promising for cultivation in the Forest-Steppe part in Kharkiv Region. The effectiveness of using the late wood fraction as a marker of resistance requires further confirmation.

Key words: *Pinus sylvestris* L., annosum root rot, *Heterobasidion annosum* s. l., varieties-population candidates, breeding traits, complex assessment, radial growth, clonal seed orchard offspring.

E-mail: valya_dishko@ukr.net

Одержано редколегією 21.08.2020



С. А. ЛОСЬ¹, В. П. САМОДАЙ², О. М. ГОДОВАНІЙ³, В. Г. ГРИГОРЬЄВА⁴,
О. М. ПЛОТНИКОВА¹, Є. А. ГУБІН¹

ОСОБЛИВОСТІ РОСТУ ТА СТАНУ ПОТОМСТВ ПЛЮСОВИХ І КРАЩИХ ДЕРЕВ *QUERCUS ROBUR* L. ТРОСТЯНЕЦЬКОГО ПОХОДЖЕННЯ

¹Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького

²Краснотростянецьке відділення Українського науково-дослідного інституту лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького

³Відокремлений підрозділ державної організації «Український ЛСЦ» Харківська лісонасіннева лабораторія

⁴ДП «Харківська лісова науково-дослідна станція»

Проаналізовано результати порівняння інтенсивності росту, якості та стану 62-річних потомств плюсових і кращих дерев дуба звичайного тростянецького походження в умовах Харківської та Сумської областей. Більша кількість опадів і, відповідно, кращі умови зволоження Сумської області позитивно вплинули на ріст потомств плюсових дерев у ДП «Тростянецьке ЛГ». Показники висот були більшими в середньому на 22,9 %, а діаметрів – на 36,1 %. За попередніми розрахунками у разі зменшення кількості опадів за вегетаційний період на 10 мм середня висота дуба зменшилася на 2,6 %, середній діаметр – на 4,1 %, а об'єм середнього дерева – на 15,7 %. За результатами комплексного оцінювання у випробних культурах на території ДП «Харківська ЛНДС» виділено чотири перспективні варіанти (Тр-2, Тр-6, Тр-13, Тр-18), а в ДП «Тростянецьке ЛГ» – п'ять (Тр-2, Тр-3, Тр-6, Тр-11, Тр-13). Материнські дерева кращих варіантів рекомендовані для вегетативного розмноження та створення клонових насінних плантацій II рівня у відповідних областях.

Ключові слова: дуб звичайний, випробні культури, селекційна категорія, комплексне оцінювання.

Вступ. Важливим і необхідним етапом лісової селекції є випробування плюсових дерев за потомством. Такі випробування дають змогу науковцям визначити селекційну цінність дерев, а практикам – наочно побачити, як ростуть культури, вирощені з насіння цих дерев. Створення й дослідження випробних культур (БК) є частиною програм із лісової селекції в багатьох країнах світу (Bogdan et al. 2004, Review 2011, North Carolina 2018, Hayda 2019, Plus tree 2019, Hossain et al. 2020, Overview 2020). Основне завдання таких випробувань – відбір елітних дерев, які можуть бути використані для створення клонових насінних плантацій (КНП) II та вищих рівнів. Так, наприклад, випробування протягом 30–40 років потомств 33 плюсових дерев сосни короткохвойної (*Pinus echinata* Mill.) у штатах Арканзасі та Оклахомі виявили відмінності за інтенсивності росту і збереженістю потомств, що буде використано під час прийняття рішення про те, які родини можуть бути найбільш корисними для лісовідновлення та селекції в регіоні (Hossain et al. 2020). Дослідження потомств плюсових дерев у Хорватії (Bogdan et al. 2004) виявило генетичний ефект на рівні 6,8–17,3 %, що свідчить про ефективність відбору плюсових дерев і доцільність створення КНП.

Під час досліджень науковці насамперед оцінюють інтенсивність росту, проте наголошують на необхідності комплексного підходу й урахування ознак стійкості до ураження хворобами та пошкодження комахами, прямизни стовбурів, якості та щільності деревини, а також – здійснення ДНК-паспортизації (Methods 2019, Overview 2020).

В Україні в 1958 р. Н.І. Давидовою створено першу ділянку випробних культур плюсових дерев дуба звичайного (*Quercus robur* L.), а в 1962 р. С. М. Прилуцькою – сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) (Davydova & Kozhokina 1970, 1975). Нині понад тисячу плюсових і кращих дерев проходять випробування на 130 ділянках випробних культур загальною площею близько 180 га (Forest restoration 2019). Дослідження випробних культур дуба та визначення кращих потомств здійснено в різних регіонах України, триває опрацювання методик комплексного оцінювання потомств (Hayda et al. 2010, Los 2016, Los et al. 2009, 2012, 2017). Так, за результатами випробування потомств 40 плюсових дерев дуба звичайного, відібраних у Вінницькій, Тернопільській і Хмельницькій областях, перспективними за інтенсивністю росту, станом та якістю стовбурів визначено 20 % дерев.

Водночас аналіз результатів випробувань потомств плюсових дерев різного географічного походження надає можливість виявити певні закономірності їхнього росту й розвитку за регіональним принципом (Hayda et al. 2010, 2011) та спрогнозувати вплив зміни клімату на їхній ріст і розвиток. Також важливо здійснити випробування потомств тих самих плюсових дерев у різних умовах росту і порівняти їхні ріст і розвиток.

Метою роботи було порівняння інтенсивності росту, якості та стану 62-річних потомств плюсових і кращих дерев дуба звичайного тростянецького походження в умовах Харківської та Сумської областей.

Матеріали й методи. Дослідження проведено в найстарших в Україні випробних культурах дуба звичайного, створених у 1958 р. в Харківській та Сумській областях. Створенню культур передували роботи з відбору в 1957 р. кращих дерев у 15 лісогосподарських підприємствах Харківської, Сумської, Донецької, Миколаївської, Полтавської та Вінницької областей. Деякі з цих дерев у наступні роки внесено до Державного реєстру плюсових дерев. Потомства всіх відібраних дерев висаджено Н. І. Давидовою у кв. 98 Південного лісництва ДП «Харківська лісова науково-дослідна станція» (ДП «Харківська ЛНДС») на площі 3 га (Davydova 1967, Davydova & Kozhokina 1970). На жаль, наразі відсутня інформація щодо наявності випробних культур із цього ж садивного матеріалу в інших областях України, за винятком Сумської.

На Сумщині у 1957 р. співробітником Краснотростянецької ЛНДС УкрНДІЛГА (нині Краснотростянецьке відділення УкрНДІЛГА) В. В. Гурським проведено відбір 20 кращих дерев дуба звичайного в деревостанах Нескучанського, Краснянського та Маківського лісництв ДП «Тростянецьке ЛГ». Дерев ретельно описано та складено схеми їхнього розташування на території виділів. Зокрема, було визначено масу жолудів та фенологічну форму дерев. Кожен зразок жолудів із зазначених дерев було розділено на дві частини. Одну з них передано в УкрНДІЛГА й використано для створення випробних культур у Південному лісництві, а іншу залишено для створення випробних культур у Нескучанському лісництві ДП «Тростянецьке ЛГ» (Davydova 1967).

Шифр потомства «Тр» відповідає назві державного підприємства «Тростянецьке ЛГ», а цифра шифру – номеру плюсового або кращого дерева.

Обидві ділянки випробних культур дуба звичайного створено висіванням жолудів. Випробні культури в Південному лісництві ДП «Харківська ЛНДС» мали розміщення садивних місць $1,5 \times 0,5$ м. Висіяно жолуді 313 кращих дерев дуба звичайного. Як контроль через кожні 2–3 ряди було висіяно жолуді місцевого загального збору.

Потомства тростянецького походження займають площу 0,33 га. Випробні культури в ДП «Тростянецьке ЛГ» створено на площі 0,64 га під керівництвом В. В. Гурського з розміщенням посівних місць 2×1 м із подальшим використанням міжрядь для вирощування сільськогосподарських культур. Приживлюваність варіантів становила 42–100 % (у середньому – 75,8 %). В однорічному віці виявлено залежність висоти сіянців від середньої маси жолудя. В середньому сіянці легших жолудів (1,5–2,4 г) мали меншу висоту (9,2–9,5 см), а важчих (5,4–5,8 г) – більшу (18,4–22,0 см). Але, як зазначав у звітах В. В. Гурський, в останньому випадку були наявні суттєві відхилення. Кращими за висотою були сіянці ранньої та проміжної фенотипу.

Наприкінці вегетаційного періоду 2019 р., коли біологічний вік рослин становив 62 роки, було проведено обстеження насаджень обох ділянок. Для кожного дерева оцінено діаметр на висоті 1,3 м, висоту, прямизну стовбура, стан дерева, наявність вад і пошкоджень.

Стан дерев визначали за 5-бальною шкалою, модифікованою на базі шкал категорій життєздатності дуба та санітарного стану (Volosyanchuk et al. 2003): 1 – відмінний стан; 2 – добрий стан; 3 – задовільний (ослаблені дерева) стан; 4 – незадовільний (дуже ослаблені) стан; 5 – дерево загинуло.

Оцінюючи якість стовбурів, виділяли три категорії за їхньою прямизною (1 –прямий, 2 – викривлений, 3 – кривий) (Methods 2019).

Отримані дані оброблено методами варіаційної статистики з визначенням істотності різниць між варіантами (потомствами певних дерев) і контролем. Підсумковий висновок щодо селекційної цінності плюсових і кращих дерев робили на основі результатів комплексного оцінювання потомств згідно із таблицею 1.

Таблиця 1

Шкала комплексного оцінювання сортів-популяцій для отримання крупномірної деревини, зокрема пиломатеріалів класу А (Methods 2019)

Бали	Інтенсивність росту за висотою	Інтенсивність росту за діаметром	Якість стовбурів листяних видів (частка дерев із прямими стовбурами, %)	Стан, бали
1	поступаються контролю на 10,1 % і більше	поступаються контролю на 30,1 % і більше	відсутні	4,5–5,0
2	поступаються контролю на 4,1–10,0 %	поступаються контролю на 10,1–30,0 %	1,0–10,0	3,5–4,4
3	на рівні контролю, різниця до $\pm 4,0$ %	на рівні контролю, різниця до $\pm 10,0$ %	10,1–15,0	2,5–3,4
4	перевершують контроль на 4,1–10,0 %	перевершують контроль на 10,1–30,0 %	15,1–20,0	1,5–2,4
5	перевершують контроль на 10,1 % і більше	перевершують контроль більш ніж на 30,0 %	20,1 і більше	1,0–1,4

У підсумку потомства, які набрали сумарно 5–9 балів, вважали малоперспективними, 10–14 балів – відносно перспективними, 15–20 балів – перспективними. Материнські дерева останньої групи можуть бути зараховані до елітних і використані для створення клонових насінних плантацій II рівня (Methods 2019).

На час відбору вік плюсових і кращих дерев становив від 44 до 300 років (табл. 2). Це пояснює значні відмінності їхніх висот (21–32 м) і діаметрів (25–175 см). Деякі дерева вирізнялися високими показниками висоти й діаметра внаслідок значного віку. Важливо зазначити, що в 60-х роках XX століття критерії відбору плюсових дерев ще перебували на стадії розроблення. Висота безсучкової частини деяких дерев була доволі невеликою й становила 3–5 м. Тому, згідно з чинними нормативними критеріями, не всіх їх можна назвати «плюсовими» і не всіх їх надалі внесено до Державного реєстру плюсових дерев.

Результати та обговорення. На думку В. В. Гурського, серед представлених у культурах потомств видатних дубів особливо цікавими у селекційних цілях є старовікові дуби 300-річного віку для вирішення питання про успадкування особливостей формування крони та стовбурів потомствами цих дерев. Водночас саме ці дерева не було внесено до Державного реєстру плюсових дерев через низьке розташування гілок крони. Наші наступні дослідження підтвердили правильність такого підходу. Серед 50-річних потомств кращих дерев, які не внесено до Державного реєстру плюсових дерев, менше ніж половина виявилися швидкорослими, але якість їх була задовільною, тоді як серед потомств плюсових дерев, які внесено до сучасного Державного реєстру, 70 % – швидкорослих і 45 % мали високу якість стовбурів згідно з результатами обстежень випробних культур у Харківській області у 2009 р. (Los 2016). З іншого боку, не можна повністю погодитися з думкою В. В. Гурського. Оскільки потомства старовікових дерев дуба звичайного мало представлені у випробних культурах, то для надійних висновків потрібні додаткові дослідження.

Таблиця 2

**Характеристика материнських дерев дуба звичайного, з жолудів яких створено випробні культури
(Davydova 1967)**

Шифр потом- ства	Висота		Діаметр		Висота безсуч- кової частини, %	Фено- форма***	Середня вага одного жолудя, г	Вік відібраних дерев, років
	м	віднос- на*, %	см	відносний*, %				
Тр-1	32,0	н.в.**	160,0	н.в.	н.в.	Пр	5,7	300
Тр-2	32,0	н.в.	168,0	н.в.	65,6	П	5,5	300
Тр-3	32,0	н.в.	175,0	н.в.	62,5	Пр	4,9	300
Тр-4	27,5	н.в.	110,0	н.в.	7,1	Пр	4,1	200
Тр-5	24,5	н.в.	99,0	н.в.	12,0	Пр	4,3	200
Тр-6	28,5	9,0	45,0	87,0	52,6	Р	5,8	64
Тр-7	25,0	н.в.	28,6	н.в.	н.в.	Р	3,2	44
Тр-8	29,5	5,0	47,0	20,0	55,9	Пр	2,7	90
Тр-9	30,5	9,0	49,0	25,0	54,1	П	5,0	90
Тр-10	31,0	н.в.	48,0	н.в.	н.в.	П	3,7	99
Тр-11	24,0	20,0	32,5	62,0	50,0	П	3,5	65
Тр-12	28,5	23,0	33,0	37,0	63,2	П	3,4	56
Тр-13	28,0	17,0	43,0	53,0	57,1	Р	5,1	57
Тр-14	28,0	н.в.	51,0	н.в.	н.в.	Р	4,3	57
Тр-15	30,5	17,0	47,0	79,0	65,6	П	4,5	73
Тр-16	30,0	17,0	46,0	79,0	61,7	П	3,9	73
Тр-17	22,0	10,0	25,0	22,0	50,0	П	1,6	65
Тр-18	24,5	20,0	32,0	63,0	62,5	П	2,3	65
Тр-19	25,0	25,0	32,0	33,0	24,0	П	2,0	65
Тр-20	26,0	н.в.	35,0	н.в.	н.в.	П	3,2	65

*% перевершення відносно середнього показника деревостану.

**н.в. – показник не визначено – окремо розташовані дерева.

***Феноформа: Пр – проміжна; П – пізня; Р – рання.

Результати аналізу показників росту потомств плюсових і кращих дерев на ділянці випробних культур на території ДП «Харківська ЛНДС» свідчать, що їхній середній діаметр у віці 62 роки становив від 15,9 (Тр-5) до 37,5 см (Тр-2) (рис. 1). Останній варіант суттєво перевершував контроль (на 51,7 %). Варіанти Тр-3 і Тр-5 суттєво поступалися контролю в середньому на 25,1 %. Середня висота потомств перебувала в межах від 21,2 до 25,8 м. Суттєво перевершували контроль за висотою потомства дерев Тр-2, Тр-15, Тр-16 і Тр-18, у середньому на 6,9 %. Решта потомств росли на рівні контролю (рис. 1).

Середні діаметри потомств на ділянці у ДП «Тростянецьке ЛГ» становили від 22,0 до 44,0 см. Суттєво перевершував контроль лише варіант Тр-1 на 9,1 %, і один (Тр-6) суттєво поступався на 9,1 %. Середня висота потомств становила від 25,0 м (Тр-18) до 30,5 м (Тр-2). Достовірно перевершували контроль за висотою два варіанти (Тр-1 і Тр-15), на 4,1 %. Достовірно поступалися контролю чотири варіанти (Тр-4, Тр-11, Тр-16 і Тр-18) на 3,3 %. Решта потомств росли на рівні контролю. На жаль, переваги варіанту Тр-2, що мав найінтенсивніший ріст, виявилися недостовірними через незначну кількість дерев, які збереглися.

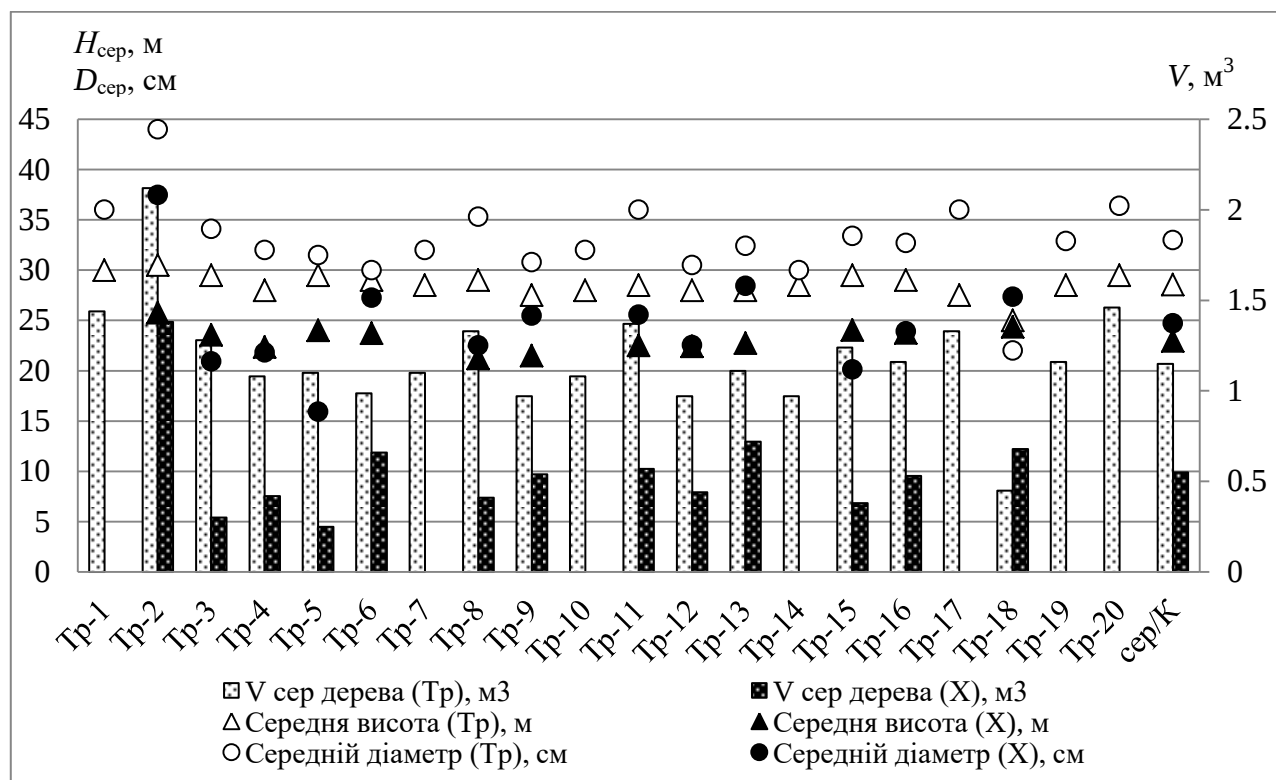


Рис. 1 – Показники росту (висота H та діаметр D) та продуктивності (об'єм стовбура середнього дерева V) потомств плюсових і кращих дерев дуба звичайного на ділянках випробних культур у ДП «Харківська ЛНДС» (X) і ДП «Тростянецьке ЛГ» (Tr)

Порівняння показників росту потомств в умовах Харківської та Сумської областей (рис. 1) свідчить, що практично в усіх випадках і середній діаметр, і середня висота варіантів були більшими у випробних культурах у ДП «Тростянецьке ЛГ».

Різниця середніх висот між потомствами становила від 0,6 до 6,0 м. Середній діаметр потомств на ділянці у ДП «Тростянецьке ЛГ» був більшим на 2,7–15,6 см, за винятком Tr-18, який поступався на 5,3 см. Показники об'єму середнього дерева потомств у випробних культурах у ДП «Тростянецьке ЛГ» були вищими на 0,3–1,0 м³ і становили від 0,45 до 2,12 м³, а у ДП «Харківська ЛНДС» – від 0,25 до 1,38 м³. У середньому висоти потомств у випробних культурах у ДП «Тростянецьке ЛГ» були більшими, ніж у ДП «Харківська ЛНДС», на 22,9 %, діаметри – на 36,1 %, а об'єми середнього дерева – на 136,5 %. Пояснити це можна насамперед більшою кількістю опадів і, відповідно, кращими умовами зволоження. Тростянець знаходиться на відстані приблизно 130 км на північний захід від Харкова. Середня річна сума опадів у Харкові становить 528 мм, а за вегетаційний період – 330 мм, тоді як у Тростянці ці показники – 631 і 417 мм відповідно. Середня річна температура регіонів є однаковою – +7,5°C, а за вегетаційний період різниться на 0,7°C (14,9 і 14,2°C).

Випробні культури потомств тих самих плюсових дерев, висаджені в різних кліматичних умовах, як і географічні культури, можуть бути цінним об'єктом для вивчення впливу кліматичних (метеорологічних) умов на ріст дерев (деревостанів) певних видів, визначення втрат продуктивності у разі зміни температури або кількості опадів (Hayda 2010).

За нашими розрахунками на основі обстеження однойменних потомств у випробних культурах у Харківській і Сумській областях, зменшення річної кількості опадів на 10 мм призвело до зменшення середньої висоти насадження дуба на 2,2 %, середнього діаметра – на 3,5 %, об'єму середнього дерева – на 13,3 % (рис. 2). Зменшення кількості опадів за вегетаційний період спричинило ще більші втрати продуктивності. Так, у разі зменшення кількості опадів на 10 мм середня висота дуба зменшилася на 2,6 %, середній діаметр – на

4,1 %, а об'єм середнього дерева – на 15,7 %. Водночас такі розрахунки є лише попередніми й не можуть бути екстрапольовані на інші регіони та інші види.

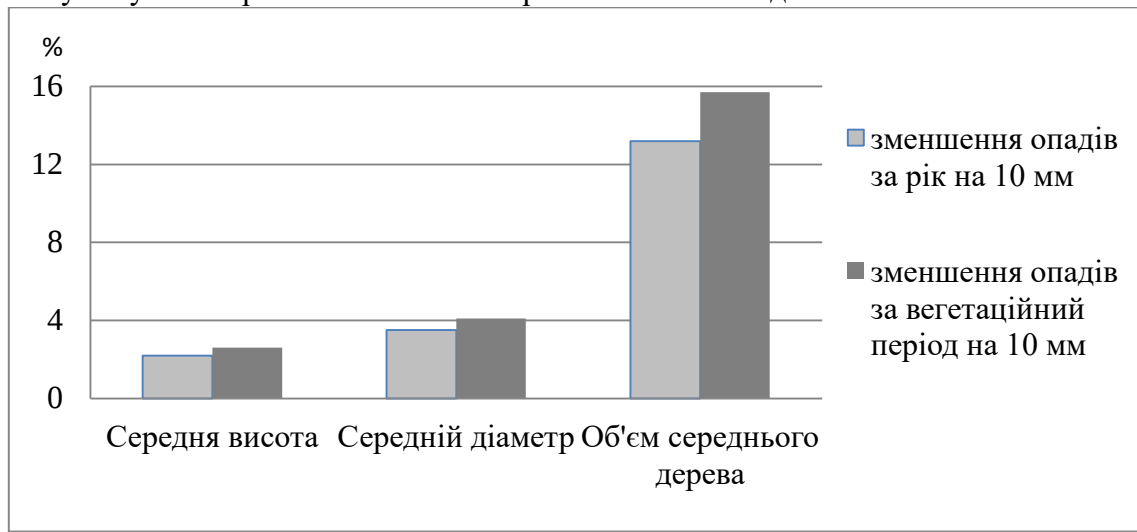


Рис. 2 – Розрахункове зменшення ростових показників дуба звичайного у разі зменшення кількості опадів

Одним із найважливіших показників для оцінювання плюсових і кращих дерев є стан їхніх потомств. Особливо актуальним це є в умовах зміни клімату. Досліджені варіанти відрізнялися один від одного за станом. Індекс стану становив від 2,0 (Тр-17) до 3,2 (Тр-5) в Сумській області і від 2,0 (Тр-2) до 3,3 (Тр-3, Тр-15) в Харківській (рис. 3). Варіантів із незадовільним станом не виявлено. Водночас у деяких варіантах були наявні сухостойні дерева: у ДП «Харківська ЛНДС» – у 6 варіантах із 13 обстежених, а в ДП «Тростянецьке ЛГ» – у 5 із 20. На жаль, на ділянці в Харківській області відбулося всихання дерев дуба звичайного, які під час попереднього обстеження (10 років тому) характеризувалися добрим станом. Частка сухих дерев у деяких варіантах на цій ділянці сягала 25–37 % (Тр-5, Тр-15, Тр-4), тоді як на ділянці в Сумській області – не перевищувала 16,7 % (Тр-6, Тр-10). Серед найкращих за станом у більш посушливих умовах Харківщини і, відповідно, найбільш посухостійких, слід назвати варіанти Тр-2, Тр-6, Тр-12, Тр-13, Тр-16 і Тр-18. Сухі дерева у більшості цих варіантів відсутні, а у двох налічують 9–12,5 % (Тр-6 і Тр-12).

Всебічно оцінити потомства дає змогу комплексний підхід, який урахує інтенсивність росту, стан та якість стовбурів. За результатами такого оцінювання у ДП «Харківська ЛНДС» потомства набрали від 8 (Тр-5) до 16 (Тр-2) балів, а у ДП «Тростянецьке ЛГ» – від 6 (Тр-18) до 17 (Тр-2) балів (рис. 4). У випробних культурах на території ДП «Харківська ЛНДС» виділено чотири перспективні варіанти (Тр-2, Тр-6, Тр-13, Тр-18), а в ДП «Тростянецьке ЛГ» – п'ять варіантів (Тр-2, Тр-3, Тр-6, Тр-11, Тр-13).

Як бачимо, три варіанти виявилися лідерами на обох ділянках, причому на обох ділянках за всіма показниками абсолютним лідером було потомство Тр-2. Слід зазначити, що материнське дерево, незважаючи на значний вік (300 років), характеризувалося доброю очищуваністю від сучків (65,6 %), пізньою фенологічною формою та великою масою жолудів (у середньому 5,5 г). Три варіанти виявилися неперспективними на ділянці в Харківській області (Тр-3, Тр-5, Тр-9) і один – в Сумській (Тр-18). При цьому останній варіант на ділянці в Харківській області був одним із найкращих.

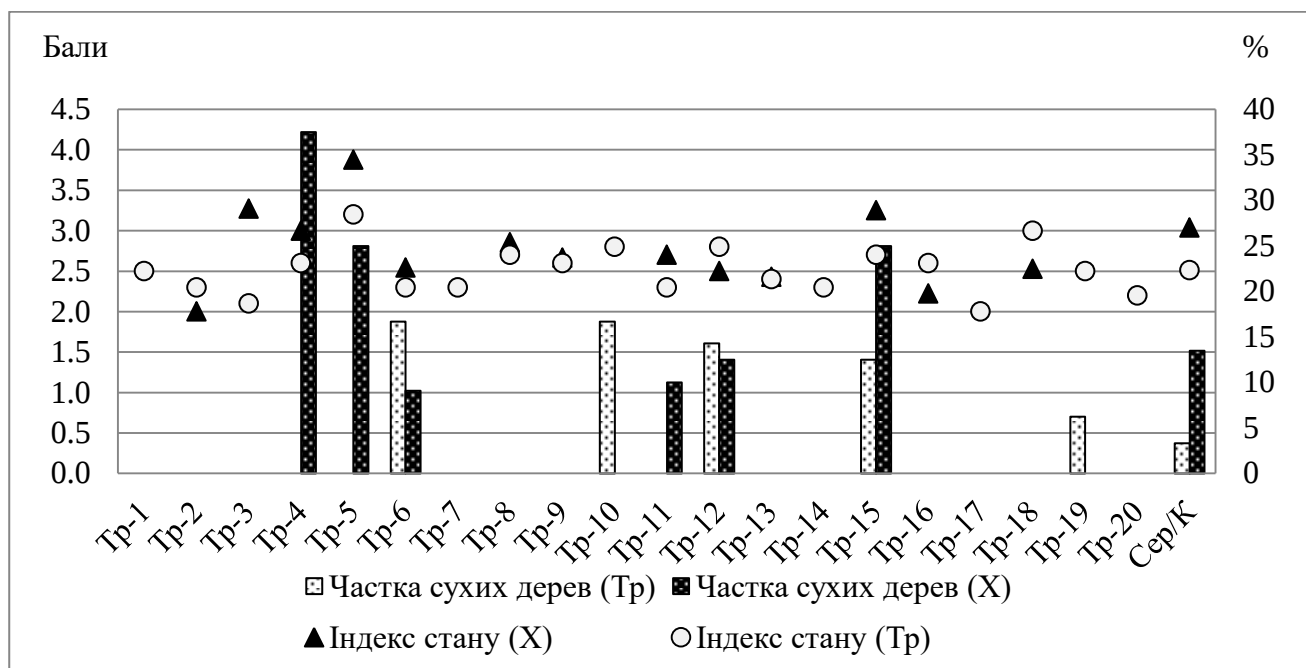


Рис. 3 – Стан потомств плюсових та кращих дерев дуба звичайного на ділянках випробних культур у ДП «Харківська ЛНДС» (Х) і ДП «Тростянецьке ЛГ» (Тр)

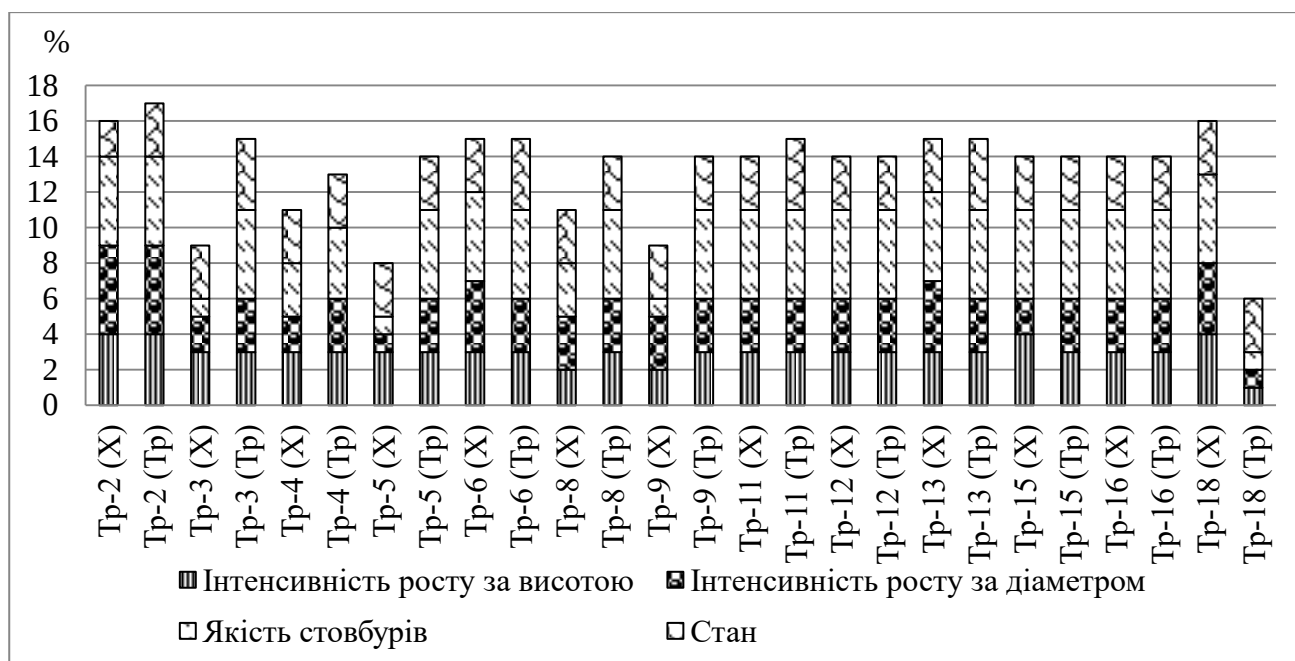


Рис. 4 – Комплексне оцінювання потомств на ділянках випробних культур у ДП «Харківська ЛНДС» (Х) і ДП «Тростянецьке ЛГ» (Тр)

Висновки.

1. У випробних культурах ДП «Харківська ЛНДС» найкращий варіант Тростянець-2 суттєво перевершував контроль на 51,7 % за діаметром і на 12,4 % за висотою. Потомства чотирьох дерев суттєво перевершували контроль за висотою в середньому на 6,9 %. У випробних культурах ДП «Тростянецьке ЛГ» суттєво перевершував контроль за діаметром лише один варіант (на 9,1 %) і один – суттєво поступався (на 9,1 %). Суттєво перевершували контроль за висотою два варіанти (на 4,1 %).

2. Комплексне оцінювання визнало перспективними визнано 31 % потомств (Тростянець-2, 6, 13, 18) у ДП «Харківська ЛНДС» і 20 % потомств (Тростянець-2, 3, 6, 11,

13) у ДП «Тростянецьке ЛГ», причому на обох ділянках за всіма показниками абсолютним лідером був варіант Тростянець-2. Материнські дерева цих варіантів рекомендовані для вегетативного розмноження та створення клонових насінних плантацій II рівня. При цьому дерева Тростянець-2, 6, 12, 13, 16 і 18 придатні для розмноження у посушливіших умовах.

3. Показники висот потомств плюсових дерев у ДП «Тростянецьке ЛГ» були в середньому на 22,9 %, а діаметрів – на 36,1 % більшими, ніж показники відповідних варіантів у ДП «Харківська ЛНДС». Кращий ріст потомств плюсових дерев у ДП «Тростянецьке ЛГ» та гірший стан пов'язані із кращими умовами зволоження.

4. За попередніми розрахунками, за меншої річної кількості опадів на 10 мм висота дуба звичайного в середньому на 2,2 %, діаметр – на 3,5 %, об'єм середнього дерева – на 13,2 % є меншими, а за меншої кількості опадів за вегетативний період на 10 мм ці показники зменшуються в середньому на 2,6; 4,1 і 15,7 % відповідно.

ПОСИЛАННЯ – REFERENCES

Bogdan, S., Katicic-Trupcevic, I., Kajba, D. 2004. Genetic variation in growth traits in a *Quercus robur* L. open-pollinated progeny test of the slavonian provenance. *Silvae Genetica*, 53(5/6): 198–201. <https://doi.org/10.1515/sg-2004-0036>.

Davydova, N. I. 1967. The English oak plus trees selection, progeny testing and their vegetative propagation. PhD thesis. Kharkiv, 214 p. (in Russian).

Davydova, N. I. and Kozhokina, A. I. 1970. New data on the oak plus-trees progenies growth. *Forestry and Forest Melioration*, 23: 17–23 (in Russian).

Davydova, N. I. and Kozhokina, A. I. 1975. The seed progenies of elite tree of Trostyanets forest enterprises. *Forestry and Forest Melioration*, 42: 88–91 (in Russian).

Forest restoration and melioration in Ukraine: origins, current state, challenges of the present and prospects in the anthropocene. 2019. [Nikolayenko, S. M., Ed.]. Kyiv, Lira-K, 350 p. (in Ukrainian).

Hayda, Y. I., Los, S. A., Tereshchenko, L. I., Yatsyk, R. M., Neyko, I. S., Olchovsky, A. F. 2010. Genetic variability of growth traits in a *Quercus robur* L. progeny test in West Podillya. *Scientific Bulletin of UNFU*, 20(2): 23–32 (in Ukrainian).

Hayda, Y. I., Los, S. A., Tereshchenko, L. I., Yatsyk, R. M., Neyko, I. S., Trentovsky, V. V. 2011. Genetic variability of stem form of *Quercus robur* L. half sib in 23-year sold progeny test in West Podillya. *Scientific Bulletin of SAU. Forestry and ornamental gardening*, 164(1): 157–167 (in Ukrainian).

Hayda, Y., Los, S., Yatsyk, R., Tereshchenko, L., Shlonchak, G., Mytrochenko, V., Neyko, I., Samodai, V., Smashnyuk, L., Klisz, M., Mohytych, V. 2019. Seed orchards in Ukraine: past, present and prospects for the future. *Folia Forestalia Polonica, Series A*, 61 (4): 284–298. DOI: 10.2478/ffp-2019-0028.

Hossain, Sh. M., Bragg, D. C., McDaniel, V. L., Crane, B. S. 2020. Comparison of shortleaf pine families and seed sources in some Ouachita National Forest progeny tests. In: *Proceedings of the 20th biennial southern silvicultural research conference*. e-Gen. Tech. Rep. SRS–253. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station, p. 325–331.

Los, S. A. 2016. Results of 50-year testing of progenies of English Oak plus-trees and best trees. *Forestry and Forest Melioration*, 128: 3–11.

Los, S. A., Grigor'eva, V. G., Gubin, E. A., Druzhinina O. V. 2009. Growth and quality indicators of the progenies of the best and plus-trees of English oak (*Quercus robur* L.) in 50-year progeny test. In: *Current state, problems and prospects of reforestation and afforestation on a genetic-selection basis. Proceedings of the International Scientific and Practical Conf.* Homel, p. 89–93 (in Russian).

Los, S. A., Neyko, I. S., Grigor'eva, V. G., Plotnikova, O. M., 2012. Results of progeny tests of 25-year-old plus trees of English oak halfsibs in Khmelnytsk region. *Forestry and Forest Melioration*, 120: 44–50 (in Ukrainian).

Los, S. A., Neyko, I. S., Smachnuk, L. V. 2017. Complex evaluation of English oak plus tree by their progenies growth and development. In: *Conservation of forest genetic resources. Proceedings of the 5th International Conference*. Homel, Kolordruk, p. 117–199 (in Russian).

Methods of varietal testing of forest trees. Departmental testing (new edition). 2019. [Edited by Los, S. A., Tereshchenko, L. I., Torosova, L. O., Hayda, Yu. I., Vysotskaya, N. Yu., Yatsyk, R. M., Grigorieva, V. G., Plotnikova, O. M., Shlonchak, G. A., Mitrochenko, V. V., Dishko, V. A.]. Kharkiv, 37 p. (in Ukrainian).

North Carolina State University. Cooperative Tree Improvement Program. 2018. [Electronic resource]. 62nd Annual Report. Raleigh, NC, 42 p. Available at: https://static1.squarespace.com/static/53d80341e4b04ced59322afa/t/5e1787b271edb90f63c12556/1578600382803/Web_NCSUCTIP+62nd+Annual+Report.pdf (accessed 01.12.2020).

Overview. Forestry Forest Tree Breeding Center. 2013. [Electronic resource]. Available at: http://www.ffpri.affrc.go.jp/ftbc/en/documents/h22_centerpamphlet_english_a4.pdf (accessed 01.12.2020).

Plus tree and progeny trial. 2019. [Electronic resource]. Hokkaido Regional Breeding Office. Forest Tree Breeding center. Available at: https://www.ffpri.affrc.go.jp/hokuiku/en/research/plustree_progeny.html (accessed 01.12.2020).

Review of the Swedish tree breeding programme. 2011. [Rosvall, O., Ed.] Sweden, Skogforsk, 2011, 85 p.

Volosyanchuk, R. T., Los, S. A., Torosova, L. O., Kuznyetsova, T. L., Tereshchenko, L. I., Neyko, I. S., Grigor'eva, V. G. 2003. Methodological approaches to the estimation of gene pool conservation *in situ* units of the broadleaves tree species and their actual conditions in the Left-bank forest steppe of Ukraine. Forestry and Forest Melioration, 104: 50–57 (in Ukrainian).

Los S. A.¹, Samoday V. P.², Godovany A. N.³, Grigorieva V. G.⁴, Plotnikova O. M.¹, Gubin E. A.¹

GROWTH AND CONDITION FEATURES OF PROGENIES OF PLUS AND BEST *QUERCUS ROBUR* L. TREES OF TROSTYANETS ORIGIN

¹*Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G. M. Vysotsky*

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

³*Separated division of the state organisation “Ukrainian Forest Selection Centre” Kharkiv Forest Seed Laboratory*

⁴*State Enterprise “Kharkiv Forest Research Station”*

The results of comparing the growth rates, quality and condition of 62-year-old progenies of plus and best trees of English oak of Trostyanets origin growing in Kharkiv and Sumy Regions were analysed. A greater precipitation amount, and, accordingly, better humidification conditions of Sumy Region had a positive effect on the growth of plus trees' progenies in the Trostyanets State Forest Enterprise. The heights were higher by 22.9 % on average, and the diameters, by 36.1 %. According to preliminary calculations, 10 mm decreased precipitation amount during the growing season resulted in 2.6 % decrease in the average oak height, 4.1 % in the average diameter, and 15.7 % in the volume of the average tree. Four perspective progenies (Tr-2, Tr-6, Tr-13, Tr-18) were identified in progeny tests in Kharkiv Forest Research Station and five progenies (Tr-2, Tr-3, Tr-6, Tr-11, Tr-13) were selected in Trostyanets State Forest Enterprise, based on the complex assessment. The mother trees of the best variants can be recommended for vegetative propagation and the second-level clonal seed orchard establishment in the relevant regions.

Key words: English oak, progeny test, breeding category, complex assessment.

E-mail: svitlana_los@ukr.net

Одержано редколегією 02.12.2020

Л. І. ТЕРЕЩЕНКО¹, А. Ю. ГОРДІЯЩЕНКО², В. П. САМОДАЙ³**МІНЛИВІСТЬ І ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКИ МОРФОЛОГО-АНАТОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ
ХВОЇ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ В УМОВАХ СВІЖОГО СУБОРУ**¹Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького²Харківський національний аграрний університет ім. В. В. Докучаєва³Краснотростянецьке відділення Українського науково-дослідного інституту лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького

Метою дослідження був пошук маркерних ознак, які ідентифікують дерева, та взаємозв'язків морфолого-анатомічних показників хвої дерев сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) на основі вивчення мінливості ознак у насадженні ДП «Тростянецьке лісове господарство» Сумської області. Гілки з хвою заготовлено із середньої частини крони 31 дерева в умовах свіжого субору. Визначення зв'язків між показниками здійснено кореляційним, графічним і регресійним методами аналізу. Виявлено, що амплітуда варіювання довжини дворічної хвої була на 18 % більшою, ніж однорічної. Коефіцієнти варіації більшості морфолого-анатомічних показників дерев відповідають низькому та середньому рівням ендегенної мінливості, підвищеним рівень мінливості є лише для показника відстані між провідними пучками в центральному циліндрі. До морфолого-анатомічних ознак хвої, які диференціюють дерева, належать: довжина хвої, площу її поперечного перерізу, ширина хвої, ширина центрального циліндра та кількість смоляних каналів. Зроблено припущення про можливість використання маркером мікропопуляційного рівня співвідношення індексу форми центрального циліндра та індексу форми поперечного перерізу хвої.

Ключові слова: *Pinus sylvestris* L., параметри хвої, пагони, центральний циліндр, маркерні ознаки, смоляні канали.

Вступ. Розвиток асиміляційного апарату дерева зумовлює ріст і розвиток інших органів рослини. Параметри хвої залежать як від віку й стану дерев, так і від умов мінерального, повітряного й водного живлення, клімату й погоди, висоти над рівнем моря, антропогенного впливу тощо (Vidyakin 2004, Pashkevych 2007, Neverova et al. 2012, Tereshchenko 2015, Gebauer et al. 2017, Bessonova & Iusypiva 2018, Soboleva et al. 2018). Регуляторні механізми, які визначають розмір і форму хвої, є життєво важливими, оскільки дають можливість рослинам адаптуватися до умов довкілля (Gebauer et al. 2018). Анатомічні перетворення рослин одночасно регулюють ендегенні та екологічні фактори (Bongard-Pierce et al. 1996, Reich et al. 1996, Gebauer et al. 2017, Jankowski et al. 2017). Також не можна виключати спадкову складову особливостей морфології та анатомії хвої (Keng & Litl 1961, Mamaev 1973, Prokazin & Bonn 1976, Kuzmin et al. 2004, Jankowski et al. 2017, Galdina & Khazova 2019).

Недостатня вивченість реакції анатомії хвої на зміну клімату спонукає дослідників звернути увагу на це питання. Тому актуальним є поглиблення досліджень щодо вивчення генетичної структури популяцій сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.), виділення генетичних маркерів її стійкості до екстремальних посушливих умов (Tkach & Meshkova 2019). За даними фінських учених (Kivimäenpää et al. 2017) унаслідок потепління посилюється ріст пагонів і стовбурів дерев, хвоя збільшилася в розмірах, зросла кількість продихів, змінилися пропорції центрального циліндра, флоєми й ксилеми та зменшилася частка мезофілу. За результатами іншого дослідження (Lin et al. 2001), у разі підвищеного вмісту CO₂ у повітрі площа поперечного перерізу хвоїнки збільшилася на 10,4 % переважно за рахунок товщини хвої (на 6,4 %), а відносні площі смоляних каналів і центрального циліндра залишилися подібними до контролю або зменшилися.

Сучасні публікації в Україні щодо морфолого-анатомічних характеристик асиміляційного апарату сосни звичайної стосуються хвої дерев із борів Малого Полісся (Zaika & Rudenko 2012), різних лісорослинних зон (Tereshchenko 2015), різних категорій смолопродуктивності (Osadchuk 2013), варіантів сортовипробних культур (Dyshko & Torosova 2017), екотопів в екстремальних умовах (Pashkevych 2007). Отримані дані свідчать про деяке потовщення хвоїнок у сухих борах, збільшення частки дерев із перехідними та паренхімними смоляними каналами у хвоїнках у напрямку Полісся – Лісостеп – Степ (від 26 до 78 %).

Також виявлено, що хвоя високосмолопродуктивних дерев має більші розміри та відрізняється анатомічно від середньо- та низькосмолопродуктивних форм. У сортовипробних культурах варіювання лінійних розмірів хвої (довжини, ширини, товщини) є меншим, ніж варіювання кількості смоляних каналів і показників площі асиміляційних і провідних тканин. Для хвої популяцій із екстремальних умов (крейдянні схили та оліготрофне болото) характерними є зменшення довжини, збільшення ширини й товщини, а проміжок між провідними пучками центрального провідного циліндра майже вдвічі зменшується, що є реакцією на недостатню доступність вологи.

Пошук і виділення високоінформативних маркерів серед кількісних ознак вегетативних органів триває. Коефіцієнти ендегенної мінливості морфолого-анатомічних показників за шкалою С. О. Мамаєва – від низьких до дуже високих (Мамаєв 1973). Низька ендегенна мінливість ознаки може свідчити про високу генотипову детермінованість її розвитку (Petrov 1990, Vidyakin 2004). Такими показниками – маркерами популяцій вважають ендегенну та часову (за роками) мінливості довжини й ширини поперечного перерізу хвої (Lebedev 2014, Bronnikova & Shakhriyova 2016), індекс форми поперечного перерізу (Lebedev 2014). Як маркерні ознаки рекомендують використовувати лінійні параметри й масу хвої; відношення маси хвої до її довжини й показники втрати вологи під час висушування – як характеристики з виразною спадковою обумовленістю (Besschetnova et al. 2012). Оскільки мінливість співвідношення кількості смоляних каналів та довжини хвоїнки в межах крони дерева відповідає низькому та середньому рівням, а всередині популяції – підвищеному та високому, то, на думку А. І. Відякіна та О. Г. Лебедева (Vidyakin & Lebedev 2014), цей показник можна вважати інформативним маркером популяцій сосни звичайної.

Нерідко подеревну амплітуду варіювання морфолого-анатомічних показників хвої в межах певного деревостану аналізують частково або недостатньо. Маркерні ознаки можуть бути використані під час дослідження особливостей адаптації індивідумів сосни звичайної до нових умов росту. Подальші дослідження, на думку А. Янковські зі співавторами (Jankowski et al. 2017) мають з'ясувати, якою мірою спостережувана мінливість *in situ* є внутрішньовидовою генетичною диференціацією у порівнянні з пластичними модифікаціями, враховуючи, що функції певних ознак можуть характеризувати їхнє адаптивне значення. Такі дослідження сприятимуть виявленню ступеня генетичного контролю над структурою хвої та є надзвичайно важливими для ідентифікації як окремих дерев, так і певних насаджень.

Метою дослідження був пошук маркерних ознак дерев на основі вивчення мінливості морфолого-анатомічних показників хвої в насадженні сосни звичайної 84-річного віку ДП «Тростянецьке ЛГ».

Матеріали й методи. Досліджуваний деревостан сосни звичайної розташований у південно-східній частині Сумської області, в Литовському лісництві ДП «Тростянецьке ЛГ». Штучне насадження в умовах свіжого дубового субору (В₂ДС) росте за І^а бонітетом, повнота – 0,7. Матеріалом для дослідження були гілки з хвоєю зі зрубаних дерев у частини насадження, відведених під суцільну рубку у 2017 р. (1,5 га). Гілки з дво- та трирічними приростами заготовлено взимку із середньої частини крон 31 дерева.

Для перевірки наявності впливу погодних умов на розміри хвої в різні роки залучено дані метеоспостережень Краснотростянецького відділення УкрНДІЛГА. Визначено річну та за вегетаційний період (квітень – жовтень) суму опадів і середню температуру повітря. Середні багаторічні дані взято з інтернет-джерел (Weather and climate 2020).

Було проаналізовано зразки 1–3-річної хвої. Перед тим, як зробити розріз хвоїнки, визначали її довжину (для кожного дерева – по 12 хвоїнок одного віку). Ширину і товщину хвоїнок вимірювали на поперечному перерізі. Площу поверхні хвоїнки розраховували за формулою (1) (Bazylevych et al. 1978):

$$S = 5,14 \cdot L \cdot \frac{a+b/2}{2}, \quad (1)$$

де L – довжина, мм; a – товщина, мм; b – ширина хвоїнки, мм.

Площу поперечного перерізу визначали як площу півкола. Ширину й висоту поперечного перерізу та центрального циліндра, а також кількість і розташування смоляних каналів визначали в середній частині хвоїнки за допомогою мікроскопа «Біолам-70» (80-кратне збільшення). Анатомічні особливості хвої досліджували на здорових хвоїнках дворічного віку 26 дерев. Зрізи робили безпечною бритвою, вивчали по 3–6 хвоїнок різного віку кожного зразка. Індекс форми поперечного перерізу визначали як співвідношення висоти й ширини. Слід зауважити, що довжину трирічної хвої визначено для гілок семи дерев, для решти дерев виявлено лише залишки такої хвої.

Отримані дані обробляли статистично за допомогою пакету програм Microsoft Excel. Ступінь варіювання ознак визначали за шкалою рівнів мінливості С. О. Мамаєва (Мамаєв 1973). Визначення характеру зв'язку між показниками здійснювали графічним і регресійним методами аналізу. Показники парної лінійної регресії оцінено методом найменших квадратів. Якість рівняння перевірено через похибку абсолютної апроксимації (середнє відхилення розрахункових значень від фактичних). Статистичну значущість рівняння перевірено за допомогою коефіцієнта детермінації (R^2), а статистичну значущість R^2 – за допомогою критерію Фішера (F).

Результати та обговорення. Відомо, що кліматичні умови впливають на ріст і розвиток рослин. Характеристику температурного режиму й забезпеченість вологою в роки, коли відбувався ріст хвої, та середні багаторічні значення наведено на рисунку 1.

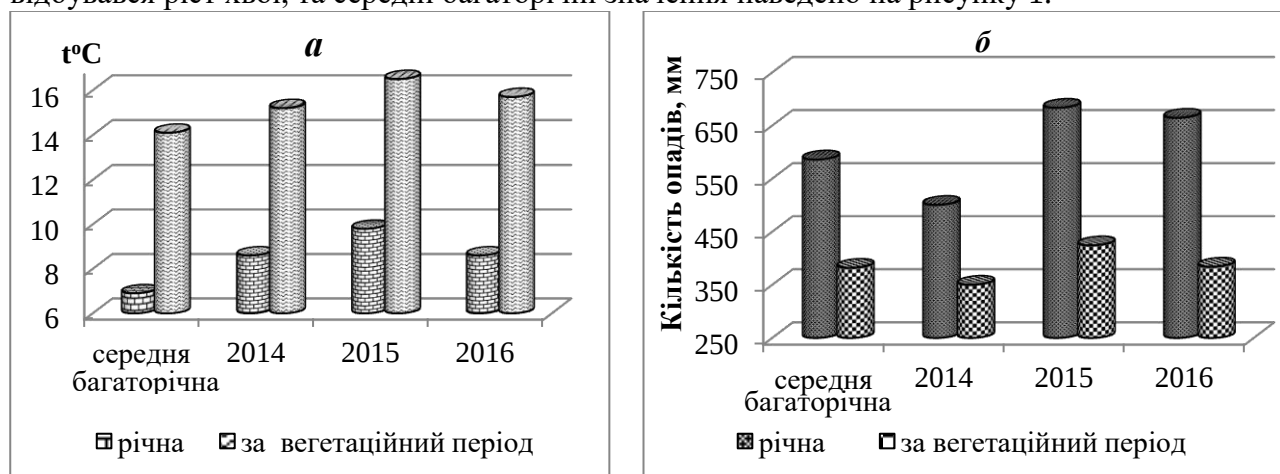


Рис. 1 – Показники середньої температури повітря (а) та кількості опадів (б) у період дослідження

Відповідно до метеоданих м. Тростянець, середня багаторічна річна температура повітря становить 6,9 °C, а середня багаторічна сума опадів – 589 мм, із яких за вегетаційний період випадає 382 мм. Річні показники середньої температури повітря у 2014–2016 рр. перевищували середнє багаторічне значення, також певне перевищення багаторічного значення визначено впродовж вегетаційних періодів, особливо у 2015 р. (див. рис. 1). Водночас за кількістю опадів період вегетації та загалом 2015 рік для рослин був доволі сприятливим. Кількість опадів не поступалася середнім багаторічним значенням також у 2016 р., лише у 2014 р. цей показник поступався середній багаторічній нормі.

Мінливість довжини дворічної хвої була більшою, ніж однорічної: межі варіювання становили від 59,3 до 102,4 мм та від 61,8 до 98,3 мм відповідно; у трирічної – від 72,6 до 102,1 мм. За шкалою С. О. Мамаєва мінливість відповідає низькому та середньому рівням. Перевищення значення медіани над середнім для трирічної хвої (рис. 2) свідчить про фактично більше варіювання показника між деревами, ніж у хвої одно- та дворічного віку (на 13,5 і 9,1 %).

Інтерквартильний розмах значень довжини хвої трирічного віку був більшим. Подеревне порівняння показників довжини хвої різного віку за t -критерієм свідчить про значну

неоднорідність вибірки: у двох дерев трирічна хвоя була суттєво довшою від хвої молодшого віку, ще в двох – суттєво довшою виявилася дворічна хвоя, у решти дерев (3 шт.) різниця довжини хвої різного віку була несуттєвою. Це демонструє, що довжина трирічної хвої окремих дерев не обов'язково більша, хоча середнє значення вибірки свідчить про таке переважання. Для отримання коректних результатів щодо розмірів хвої обсяг вибірки має становити не менше 20 хвоїнок на дерево.

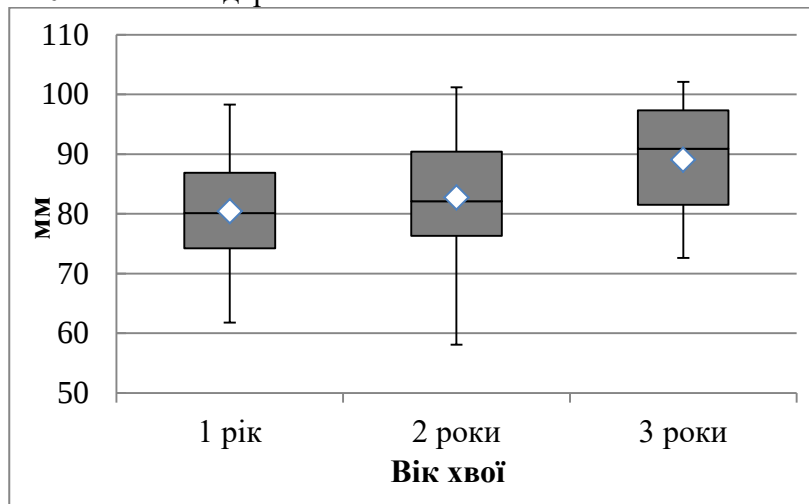


Рис. 2 – Розмах варіювання довжини хвої сосни звичайної різного віку

Індивідуальні відмінності між деревами зумовлені як спадковими властивостями, так і просторовими відмінностями екологічних умов. Довжина хвої змінювалася таким чином: найменший показник визначено для однорічної хвої ($80,4 \pm 1,52$ мм), дещо довшою була хвоя дворічного віку ($82,7 \pm 2,03$ мм), найдовшою – трирічна ($89,0 \pm 4,12$ мм). Отримані нами дані свідчать, що збільшення розмірів хвої з віком не пов'язане з погодними умовами, оскільки у 2014 р. умови для росту хвої були найменш сприятливими. Подібні результати отримано й іншими дослідниками (Вронькова & Shakhrynova 2016).

Дворічні хвоїнки дерев, відібрані для анатомічного дослідження, характеризувалися такими середніми показниками: довжина – $75,8 \pm 8,10$ мм, ширина – $1,65 \pm 0,12$ мм, товщина – $0,74 \pm 0,07$ мм. Значення коефіцієнтів варіації були низькими: 11,6; 8,6 та 11,3 % відповідно. Середня площа поверхні хвоїнок становила $304,7 \pm 40,4$ мм², а площа поперечного перерізу – 1,22 мм². Мінливість показників площ – середня (13,3 та 14,5 % відповідно).

Показник індексу форми поперечного перерізу дворічних хвоїнок (відношення товщина/ширина) становив у середньому 0,45 і варіював від 0,36 до 0,50 (табл. 1). Незважаючи на значення коефіцієнта варіації 6,9 %, за індексом форми хвоя різного віку в межах дерева не була подібною. Зокрема, індекс форми однорічної хвої дерева № 8 становив 0,46, а для дворічної – 0,50. Подібні показники визначені стосовно дерев № 3 та № 13, причому індекс форми трирічної хвої був меншим, ніж дворічної. Через це є певні застереження щодо використання показника як маркерного для індивідів. Водночас доцільно перевірити його як маркер популяційного рівня в географічних культурах. Як зазначають дослідники, для хвої дерев сосни Національного ботсаду ім. М. М. Гришка (Київ) цей показник становив 0,55 (Pashkevych 2007), для Північного Уралу – 0,48–0,50 (Yatsenko 1965).

За твердженням Н. А. Пашкевич (Pashkevych 2007), кількість смоляних каналів є однією з основних диференціальних морфолого-анатомічних ознак хвої на видовому рівні.

Як видно з табл. 2, середня кількість смоляних каналів на плескатому боці хвоїнки становила $4,3 \pm 1,2$ шт., на опуклому – $9,5 \pm 1,7$ шт., а загалом для досліджуваної хвої – $13,8 \pm 2,8$ шт. Мінливість між індивідами за кількістю смоляних каналів на плескатому боці хвоїнки була підвищеною (28 %), а на опуклому боці та загалом – середньою (19–20 %).

Таблиця 1

Біометричні показники дворічної хвої сосни звичайної

№ дерева	Середня довжина, мм	Середня ширина, мм	Середня товщина, мм	Площа поверхні хвоїнки, мм ²	Площа поперечного перерізу, мм ²	Індекс форми поперечного перерізу
1	78,7	1,6	0,8	318,7	1,04	0,47
2	74,3	1,5	0,6	269,5	0,92	0,42
3	92,0	1,8	0,8	403,0	1,21	0,47
4	60,3	1,8	0,8	253,8	1,23	0,42
5	67,7	1,8	0,8	295,7	1,26	0,45
6	79,3	1,7	0,8	334,8	1,14	0,46
7	82,3	1,7	0,9	364,7	1,20	0,49
8	76,7	1,6	0,8	312,1	0,99	0,50
9	67,0	1,6	0,7	263,7	1,00	0,46
10	79,7	1,6	0,7	315,0	1,03	0,45
11	74,3	1,5	0,7	276,2	0,89	0,46
12	65,7	1,6	0,7	257,1	0,96	0,47
13	82,0	1,8	0,8	356,8	1,37	0,41
14	72,3	1,6	0,7	289,1	1,04	0,46
15	89,3	1,6	0,7	338,1	0,97	0,44
16	80,7	1,6	0,7	308,9	1,00	0,43
17	78,0	1,6	0,7	299,4	1,00	0,43
18	76,3	1,4	0,7	275,2	0,80	0,48
19	62,3	1,7	0,8	268,2	1,12	0,49
20	87,0	1,7	0,8	369,6	1,19	0,45
21	66,3	1,6	0,7	249,1	0,95	0,44
22	77,7	1,6	0,7	307,5	1,04	0,45
23	66,7	1,7	0,8	275,0	1,14	0,44
24	77,7	2,0	0,8	353,2	1,50	0,40
25	83,0	1,5	0,6	281,6	0,92	0,36
26	74,3	1,7	0,7	286,9	1,07	0,41

Результати визначення розмірів центрального циліндра хвоїнок засвідчили, що його середня ширина дорівнювала $1,1 \pm 0,01$ мм, а висота – $0,3 \pm 0,03$ мм. Відношення висоти центрального циліндра до його ширини визначало індекс форми центрального циліндра.

Таблиця 2

Кількість смоляних каналів і розміри центрального циліндра дворічної хвої сосни звичайної

№ дерева	Смоляні канали, шт.			Центральний циліндр (ц. ц.), мм			Відстань між провідними пучками в ц. ц.
	плескатий бік	опуклий бік	загалом	ширина	висота	індекс форми	
1	4,7	10,3	15,0	1,16	0,39	0,33	0,27
2	4,0	9,0	13,0	0,99	0,25	0,26	0,26
3	3,7	8,7	12,3	1,16	0,34	0,3	0,29
4	7,0	13,3	20,3	1,17	0,31	0,27	0,45
5	7,3	13,0	20,3	1,31	0,35	0,26	0,45

Закінчення табл. 2

№ дерева	Смоляні канали, шт.			Центральний циліндр (ц. ц.), мм			Відстань між провідними пучками в ц. ц.
	плескатий бік	опуклий бік	загалом	ширина	висота	індекс форми	
6	4,3	9,7	14,0	0,99	0,31	0,31	0,24
7	5,0	10,3	15,3	1,06	0,32	0,3	0,25
8	3,0	8,7	11,7	1,00	0,30	0,31	0,24
9	4,7	10,3	15,0	1,09	0,27	0,25	0,33
10	4,7	8,7	13,3	1,09	0,31	0,29	0,32
11	4,0	8,3	12,3	0,99	0,29	0,29	0,28
12	3,3	10,7	14,0	0,97	0,28	0,29	0,23
13	4,7	9,7	14,3	1,21	0,31	0,28	0,31
14	4,0	8,3	12,3	1,01	0,32	0,32	0,30
15	4,3	9,7	14,0	1,00	0,28	0,28	0,27
16	3,0	7,7	10,7	0,93	0,28	0,3	0,22
17	2,7	7,7	10,3	0,96	0,28	0,29	0,24
18	3,7	8,7	12,3	0,96	0,28	0,3	0,26
19	3,3	9,0	12,3	1,07	0,32	0,3	0,28
20	4,7	8,7	13,3	1,15	0,31	0,27	0,33
21	4,3	9,0	13,3	1,00	0,27	0,27	0,31
22	3,0	8,0	11,0	1,00	0,31	0,31	0,25
23	7,0	13,7	20,7	1,15	0,31	0,27	0,41
24	5,0	10,3	15,3	1,33	0,30	0,22	0,50
25	3,3	8,3	11,7	1,09	0,29	0,27	0,28
26	4,0	7,7	11,7	1,02	0,28	0,27	0,31

Відносний показник (індекс) варіював у зразках від 0,22 до 0,33 і в середньому дорівнював $0,28 \pm 0,004$ ($C_v = 7,9$ %). Співвідношення цього показника та індексу форми поперечного перерізу (0,45) становило 63 %. Згідно з даними, наведеними В. М. Яценко (Yatsenko 1965) для умов Північного Уралу, показник індексу форми центрального циліндра – 0,41, а його частка від індексу форми поперечного перерізу – 82 %. Саме цей показник може виявитися маркерним на мікропопуляційному рівні.

Середня відстань між провідними пучками в центральному циліндрі становила $0,3 \pm 0,07$ мм (або 303,47 мк). Значення коефіцієнта варіації – 24 %, що свідчить про підвищений рівень мінливості показника, тому він не може бути маркерною ознакою.

Отже, диференціювальними анатомо-морфологічними показниками ми вважаємо: довжину хвої та площу поперечного перерізу, ширину хвої та ширину центрального циліндра, меншою мірою – загальну кількість смоляних каналів, відношення індексів форми центрального циліндра до поперечного перерізу.

Для досліджених показників визначено коефіцієнти лінійної парної кореляції Пірсона (табл. 3). Із 50 коефіцієнтів кореляції у 30 % випадків зв'язок виявився статистично значущим.

Таблиця 3

Кореляційні зв'язки анатомо-морфологічних показників хвої дерев сосни звичайної

Показник	Довжина хвої	Ширина хвої	Товщина хвої	Площа поверхні хвоїнки	Площа поперечного перерізу	Індекс форми поперечного перерізу
Ширина хвоїнки	0,05	–	–	–	–	–
Товщина хвоїнки	-0,03	0,66	–	–	–	–

Закінчення табл. 3

Показник	Довжина хвої	Ширина хвої	Тов- щина хвої	Площа поверхні хвоїнки	Площа поперечного перерізу	Індекс форми поперечного перерізу
Площа поверхні хвоїнки	0,83	0,54	0,49	–	–	–
Площа поперечного перерізу хвоїнки	0,06	0,99	0,65	0,54	–	–
Індекс форми поперечного перерізу	-0,13	-0,17	0,62	0,06	-0,19	–
Кількість смоляних каналів на опуклому боці хвоїнки	-0,48	0,44	0,37	-0,16	0,43	0,04
Загальна кількість смоляних каналів	-0,44	0,48	0,36	-0,11	0,47	-0,02
Ширина центрального циліндра хвоїнки	-0,02	0,80	0,45	0,34	0,80	-0,24
Товщина центрального циліндра хвоїнки	0,12	0,44	0,60	0,41	0,42	0,31
Відстань між провідними пучками в центральному циліндрі	-0,34	0,65	0,24	-0,03	0,65	-0,32

Примітка: Грубим шрифтом виділено статистично значущі за t -критерієм значення ($P = 95\%$).

Найтісніший зв'язок виявлено між шириною хвоїнки та площею поперечного перерізу ($r = 0,99$), між довжиною та площею поверхні хвоїнки ($r = 0,83$), між шириною (також площею поперечного перерізу) та шириною центрального циліндра ($r = 0,80$). Графічне зображення лінійного зв'язку подано на рисунку 3 ($\alpha = 0,05$, $df = 24$).

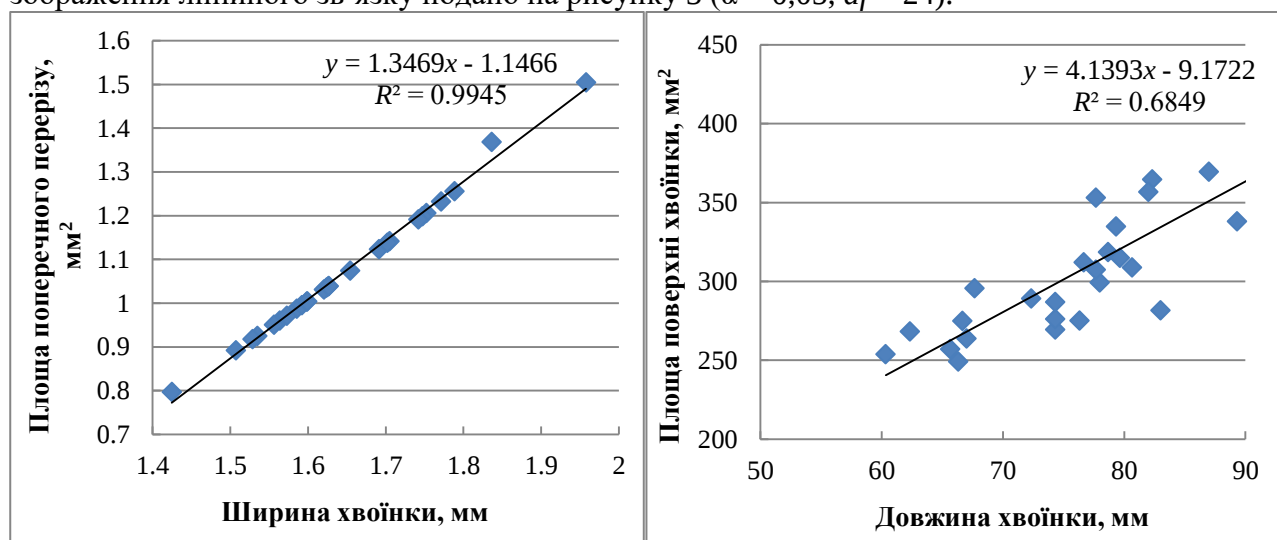


Рис. 3 – Діаграми розсіювання та рівняння парної лінійної регресії морфо-анатомічних показників хвої дерев сосни звичайної

Взаємозв'язок між площею поперечного перерізу та шириною хвоїнки виявився високим: 99,45 % загального варіювання площі поперечного перерізу пояснюється зміною ширини хвоїнки (див. табл. 2). Визначено, що у 68,5 % випадків зміни довжини хвоїнки зумовлюють зміни площі поверхні хвоїнки. Ще в чотирьох випадках виявлено статистично підтверджений помітний зв'язок, проте гіпотеза про лінійність зв'язків не є правомірною. Для решти п'яти випадків, де значення коефіцієнтів кореляції були статистично значущими ($r = 0,45...0,54$), взаємозв'язки не підтверджено, точність отриманих рівнянь регресії є низькою.

Отже, отримані маркерні показники та статистично підтверджені взаємозв'язки (між шириною хвоїнки та площею її поперечного перерізу, шириною хвоїнки та шириною центрального циліндра, довжиною хвоїнки та площею її поверхні) надалі можуть бути

використані під час дослідження особливостей адаптації індивідуумів сосни звичайної до нових умов росту. Доцільно також використовувати їх для ідентифікації індивідів та популяцій сосни звичайної.

Висновки. Виявлено, що різниця між довжиною хвої різного віку дерев сосни звичайної в умовах свіжого субору не пов'язана з погодними умовами під час її росту. Водночас хвоя однорічного віку є коротшою за дво- та трирічну. Варіювання більшості морфолого-анатомічних показників хвої відповідає низькому та середньому рівням, а показника відстані між провідними пучками в центральному циліндрі – підвищеному.

До морфолого-анатомічних ознак хвої, які диференціюють дерева, віднесено: довжину та площу поперечного перерізу, ширину хвоїнки та її центрального циліндра, кількість смоляних каналів. Визначено рівняння та підтверджено істотність лінійної регресії зв'язків між шириною хвоїнки та площею поперечного перерізу ($r = 0,99$); довжиною та площею поверхні хвоїнки ($r = 0,83$); шириною хвоїнки, площею поперечного перерізу та шириною центрального циліндра ($r = 0,80$).

Зроблено припущення про можливість використання як маркера мікропопуляційного рівня відношення індексу форми центрального циліндра до індексу форми поперечного перерізу хвої. Індекс форми поперечного перерізу дворічної хвої надалі доцільно перевірити як маркерну ознаку хвої мікропопуляцій.

ПОСИЛАННЯ – REFERENCES

- Bazylevych, N. Y., Tytlianova, A. A., Smyrnov, V. V., Rodyn, L. E., Nechaeva, N. T., Levyn, F. Y. 1978. Methods for studying the biological cycle in various natural zones. Moscow, Mysl, 183 p. (in Russian).
- Besschetnova, N. N., Besschetnov, V. P., Ornatskyj, A. N. 2012. Parameters of needles of Scots pine plus trees (*Pinus sylvestris* L.) on forest seed plantations in the Nizhny Novgorod Region [Electronic resource]. Aktualnye problemy lesnogo kompleksa, 31. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/parametry-hvoi-plyusovyh-dereviev-sosny-obykovennoy-pinus-sylvestris-l-na-lesosemennyh-plantatsiyah-nizhegorodskoy-oblasti> (accessed 20.10.2020) (in Russian).
- Bessonova, V. and Iusypiva, T. 2018. Morpho-anatomical parameters of the needles of *Pinus pallasi* D. Don. in the antierosion afforestation. Ukrainian Journal of Ecology, 8(1): 851–858.
- Bongard-Pierce, D. K., Evans, M. M. S., Poethig, R. S. 1996. Heteroblastic features of leaf anatomy in maize and their genetic regulation. International Journal of Plant Science, 157: 331–340. DOI: 10.1086/297353.
- Bronnikova, D. M. and Shakhriyeva, N. V. 2016. Temporal variability of the morphological characters of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) needles. Molodoy uchenyy, 26(130): 162–165 (in Russian).
- Dyshko, V. A. and Torosova, L. O. 2017. Morphological and anatomical characteristics of needles of natural and synthetic Scots pine's progenies in the variety test. Forestry and Forest Melioration, 131: 78–86 (in Ukrainian).
- Galdina, T. and Khazova, E. 2019. Adaptability of *Pinus sylvestris* L. to various environmental conditions. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 316: 012002. DOI: 10.1088/1755-1315/316/1/012002.
- Gebauer, R., Plichta, R., Bednárová, E., Foit, J., Cermák, V., Urban, J. 2017. How timing of stem girdling affects needle xylem structure in Scots pine. European Journal of Forest Research, 14: 68. DOI: 10.1007/s10342-017-1090-z.
- Gebauer, R., Plichta, R., Foit, J., Cermák, V., Urban, J. 2018. Long-term effects of stem girdling on needle structure in Scots pine. Forest – Biogeosciences and Forestry, 11(4): 476–481. <https://doi.org/10.3832/for2648-011>.
- Jankowski, A., Wyka, T. P., Zytowski, R., Nihlgård, B., Reich, P. B., Oleksyn, J. 2017. Cold adaptation drives variability in needle structure and anatomy in *Pinus sylvestris* L. along a 1,900 km temperate – boreal transect. Functional Ecology, 31: 2212–2223. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12946>.
- Keng, H. and Litl, E. L. 1961. Needle Characteristics of Hybrid Pines. Silvae Genet., 10: 131–146.
- Kivimäenpää, M., Sutinen, S., Valolahti, H., Häikiö, E., Riikonen, J., Kasurinen, A., Ghimire, R. P., Holopainen, J. K., Holopainen, T. 2017. Warming and elevated ozone differently modify needle anatomy of Norway spruce (*Picea abies*) and Scots pine (*Pinus sylvestris*). Canadian Journal of Forest Research, 47(4): 488–499. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2016-0406>.
- Kuzmin, S. R., Kuzmina, H. A., Milyutin, L. Y., Muratova, E. H. 2004. Intraspecific variability of the morphological characteristics of Scots pine needles in the provenance trial of the Angara Region. Tomsk State University Journal, 10: 41–44 (in Russian).
- Lebedev, A. H. 2014. The analysis of variability of needle quantitative characteristics in the Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.) populations. Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 16(5): 205–209 (in Russian).
- Lin, J., Jach, M. E., Ceulemans, R. 2001. Stomatal density and needle anatomy of Scots pine (*Pinus sylvestris*) are affected by elevated CO₂. New Phytologist, 150: 665–674.
- Mamaev, S. A. 1973. Forms of intraspecific variability of woody plants (on the example of the *Pinaceae* family in the Urals). Moscow, Nauka, 283 p. (in Russian).

Neverova, O. A. Lehoschyna, O. M., Zokyrov P. C. 2012. Changes in the anatomical parameters of *Pinus eldarica* Ten. needles growing in the highway planting in Khojend. [Electronic resource]. Modern Problems of Science and Education, 4. Available at: <http://www.science-education.ru/104-6676> (accessed 20.10.2020) (in Russian).

Osadchuk, L. S. 2013. Morphological and anatomical indicators of pine needles in the trees of different categories of resin productivity. Scientific Bulletin of UNFU, 23.8: 18–22 (in Ukrainian).

Pashkevych, N. A. 2007. Anatomical and morphological variability of needles of *Pinus* L. species in Ukraine. Extended abstract of PhD thesis. Kyiv, 22 p. (in Ukrainian).

Petrov, S. A. 1990. About genotypic conditioning of phenes in populations of forest woody plants. In: Phenetics of natural populations. Proceeding of 4th All-Union Conference. Moscow, Institute of Development Biology, USSR Academy of Sciences, p. 214–215 (in Russian).

Weather and climate. Weather Archives. 2020. [Electronic resource]. Available at: <http://www.pogodaiklimat.ru/archive.php> (accessed 20.10.2020) (in Russian)

Prokazin, E. P. and Bonn, L. A. 1976. Genetic conditioning of individual variability of Scots pine. Lesnoy Zhurnal (Russian Forestry Journal), 2: 162–164 (in Russian).

Reich, P.B., Oleksyn, J., Modrzyński, J., Tjoleker, M. G. 1996. Evidence that longer needle retention of spruce and pine populations at high elevations and high altitudes is largely a phenotypic response. Tree Physiology, 16: 643–647.

Soboleva, S. V., Pochekutov, Y. S., Chentsova, L. Y. 2018. The study of morphologic and physiologic indicators of *Pinus sylvestris* L. plantings in different ecological conditions. The Bulletin of KrasGAU, 1: 199–205 (in Russian).

Tereshchenko, L. I. 2015. Variability of morphological and anatomical features of Scots pine needles. Forestry and Forest Melioration, 127: 98–106 (in Ukrainian).

Tkach, V. P. and Meshkova, V. L. 2019. Modern problems of formation and reproduction of biologically stable pine forests of Ukraine in the conditions of climate change. In: Pine forests: current status, existing challenges and ways forward. Proceedings of International Scientific and Practical Conference, 12–13 June 2019. Kyiv, p. 70–77 (in Ukrainian).

Vidyakin, A. Y. 2004. Scots pine population structure in the east of the European part of Russia. [Популяционная структура сосны обыкновенной на востоке европейской части России]. Extended abstract of PhD thesis. Ekaterinburg, 48 p. (in Russian).

Vidyakin, A. Y. and Lebedev, A. H. 2014. Intrapopulational and interpopulational variability of relative index of the number of resin ducts to needle length of *Pinus sylvestris* L. Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 16(5): 217–220 (in Russian).

Yatsenko, V. M. 1965. Some features in the anatomical structure of Scots pine needles in the Northern Urals. Intraspecific variability of woody plants in the Urals. Introduction and breeding. Proceedings of the Institute of Biology, 47: 67–70 (in Russian).

Zaika, V. K. and Rudenko, A. V. 2012. Morpho-physiological characteristics of Scots pine in the pine forest of Small Polissya. Scientific Bulletin of UNFU, 22.9: 9–14 (in Ukrainian).

Tereshchenko L. I.¹, Gordiyashchenko A. Y.², Samoday V. P.³

VARIABILITY AND RELATIONSHIPS OF MORPHOLOGICAL AND ANATOMICAL CHARACTERISTICS OF SCOTS PINE NEEDLES IN THE FRESH RELATIVELY INFERTILE PINE SITE

¹ Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after H. M. Vysotsky

² Kharkiv National Agrarian University named after V. V. Dokuchayev

³ Krasnotroystanetske Branch of Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G. M. Vysotsky

The aim of the research was to determine markers by which trees can be identified and relationships between morphological and anatomical characteristics of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) needles, based on the analysis of variability traits in the forest stand of Trostyanets State Forest Enterprise in Sumy Region. Branches with the needles were harvested from the crown middle part of 31 trees in fresh relatively infertile pine site. The correlation, graphical and regression methods were used to determine the relationships between the characteristics. It was found that the variation amplitude in the length of two-year-old needles is 18% higher than that of one-year-old needles. The variation coefficients of the most morphological and anatomical characteristics for the studied trees correspond to low and middle levels of endogenous variability, while that for the spacing between the vascular bundles in central cylinder indicates an increased level of variability. The differentiating anatomical and morphological characteristics of the tree needles involve the length and their cross-sectional area, needle width and central cylinder width, and the number of resin ducts. We assume it is possible to use the relationship of the indexes of the central cylinder shape and the cross-sectional shape of a needle as a micropopulation level marker.

Key words: *Pinus sylvestris* L., needle characteristics, shoots, central cylinder, markers, resin ducts.

E-mail: tel@uriffm.org.ua

Одержано редколегією 06.11.2020

**ЛІСОВІДТВОРЕННЯ, АГРОЛІСОМЕЛІОРАЦІЯ,
ФІТОМЕЛІОРАЦІЯ**

УДК 633.16

<https://doi.org/10.33220/1026-3365.137.2020.41>

Т. М. КОРОТКОВА¹, Н. Г. СОЛОМАХА²

**ОСОБЛИВОСТІ ПРИРОДНОГО ЗАРОСТАННЯ
ТЕХНОГЕННИХ ЕКОТОПІВ НА ВІДВАЛАХ РОЗКРИВНИХ ПОРІД
НОВОТРОЇЦЬКОГО РОДОВИЩА ФЛЮСОВОЇ СИРОВИНИ**

¹ДП «Маріупольська лісова науково-дослідна станція»

²Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького



На прикладі техногенних екотопів приватного акціонерного товариства «Новотроїцьке рудоуправління» (ПАТ «Новотроїцьке РУ») Донецької області досліджено особливості процесу природного заростання відвалів розкривних порід деревно-чагарниковою рослинністю. Виявлено закономірності процесів сільватизації (природного заростання), охарактеризовано їхній перебіг і перелік видів, які здатні до саморозселення в умовах територій, порушених гірничовидобувною промисловістю. Таксономічний список нараховує понад 40 видів аборигенної й інтродукованої флори, серед яких найпоширенішими є робінія звичайна (*Robinia pseudoacacia* L.), маслинка вузьколиста (*Elaeagnus angustifolia* L.), абрикос звичайний (*Armeniaca vulgaris* Lam.), клен ясенелистий (*Acer negundo* L.), вишня магалебська (*Cerasus mahaleb* (L.) Mill.), терен (*Prunus spinosa* L.), оцтове дерево (*Rhus typhina* L.), свидина кров'яна (*Swida sanguinea* (L.) Opiz), скумпія звичайна (*Cotinus coggygria* Scop.), шипшина собача (*Rosa canina* L.), дереза звичайна (*Lycium barbarum* L.), жимолость татарська (*Lonicera tatarica* L.).

Ключові слова: рекультивация, природне заростання, деревна рослинність, чагарникова рослинність.

Вступ. У Донецькій області серед порушених гірничовидобувною промисловістю земель найпоширенішими є відвали розкривних порід – технотопи, які не мають аналогів у природі (Didukh et al. 2012). Такі екотопи відзначаються низькою забезпеченістю елементами мінерального живлення, несприятливими водно-фізичними та хімічними властивостями відсипаних розкривних порід і мікрокліматичними умовами (Motorina & Ovchinnikov 1975). Це зумовлює сповільнене формування рослинного покриву (Masyuk 1974, Kaar & Rajd 1988). Природне заростання (сільватизація, самозалісення) територій зі зміною видового складу та структурної будови – складний і важливий еколого-біологічний процес на порушених промисловістю землях (Belgard 1971, Vasilieva 1981, Korotkova & Solomaha 2011, Solomaha & Korotkova 2011, Korotkova & Solomaha 2018, Sinelshikov 1992). Відвальним ландшафтам властиві ініціальна, післятехногенна й оптимізаційна фази природного розвитку біоти (Klevenskaya et al. 1985). Ініціальна фаза починається одночасно з поселенням мікроорганізмів (Shtina et al. 1978). У степовій зоні післятехногенна фаза починається з утворення мозаїчного незімкненого рослинного покриву з невибагливих екологопластичних рослин із високою відновлювальною здатністю (Motorina & Izhevskaya 1985). У фазі оптимізації триває диференціація видового складу фітоценозів (Zhukov 2011). Рослинність техногенних екотопів Донбасу за флористичним і фітоценотичним складом має зональні та інтразональні риси (Kondratyuk et al. 1985, Gluhov et al. 2009), видовий склад із часом трансформується від трав'янистих асоціацій до складних багатовидових угруповань за участю представників арбофлори з обмеженим видовим складом (Yeterevska et al. 2008). На швидкість формування рослинних формацій суттєво впливають фізико-хімічні властивості відсипаних ґрунтосумішей і форми рельєфу, мікрокліматичні чинники й антропогенні втручання (Komshin 1990).

На відвалах вугільних шахт Донбасу виявлено 262 види судинних рослин, які належать до 177 родів та 49 родин (Zhukov 2001, 2002). У формуванні флори важливим є значення родин, що містять багато рудеральних видів із широкою екологічною амплітудою. Із життєвих форм у флорі відвалів переважають гемікриптофіти та терофіти (Zhukov 2000). Рослинам техногенних екотопів властиві поліморфізм і генетична різноманітність (Zhukov 2002, Shanda 2011).

На природне заростання відвалів деревно-чагарниковою рослинністю істотно впливає видовий склад місцевої флори, зокрема створених штучних рекультиваційних насаджень. Протягом 1981–2012 рр. науковцями ДП «Маріупольська ЛНДС» на порушених промисловістю землях Донеччини було випробувано 149 таксонів із 32 родин, з яких успішно нині ростуть 95 таксонів (Korotkova 2017). Вік штучних насаджень, які ростуть поблизу дослідних ділянок, становить 8–39 років, більшість із них вступили у генеративну фазу.

Актуальність цих досліджень визначається необхідністю детального вивчення процесів самозаростання порушених промисловістю земель деревно-чагарниковою рослинністю залежно від типу умов місцезростання.

Мета дослідження – дослідити динаміку процесів самозаростання деревно-чагарниковою рослинністю порушених гірничою промисловістю територій у Донецькій області на прикладі скосів зовнішніх відвалів розкривних порід приватного акціонерного товариства «Новотроїцьке рудоуправління» (ПАТ «Новотроїцьке РУ») залежно від умов місцезростання як одну зі складових збільшення лісистості території природним способом.

Матеріали й методи. Дослідження проведено впродовж 2002–2020 рр. на скосах зовнішніх відвалів розкривних порід ПАТ «Новотроїцьке РУ» у Волноваському районі Донецької області. Вивчення процесів природного заростання деревно-чагарниковою рослинністю проводили шляхом закладання тимчасових і постійних пробних площ, облікових ділянок і маршрутних ходів за загальноприйнятими методиками (Vogobuov 1967, Forest inventory sample plots 2007, Нром 2007) на найрепрезентативніших ділянках із метою охоплення всіх різновидів самозаростання трансформованих територій і детального опису процесу. Критеріями відбору пробних площ були: різноманітність умов місцезростання та експозиції скосів, типи сільватизації, видовий склад, кількісне представництво деревно-чагарникових видів тощо.

Вивчення процесу природного відновлення та його успішності виконували за методикою УкрНДІЛГА (Pasternak 1990).

Для порівняння дендрофлори двох дослідних секцій між собою використовували коефіцієнт видової подібності Жаккара K_J (1) та індекс подібності Серенсена Q_s (2) (Shmidt 1984):

$$K_J = \frac{2a}{a + b - c}, \quad (1)$$

де a – кількість видів на одній секції;

b – кількість видів на другій секції;

c – кількість видів, які є спільними для порівнюваних секцій.

$$Q_s = \frac{2c}{a + b}, \quad (2)$$

де a й b – кількість видів на першій і другій секціях;

c – кількість видів, які є спільними для обох секцій.

Для оцінювання флористичної подібності всіх дослідних секцій використовували індекс біотичної дисперсії Коха IBD (3) (Shmidt 1984):

$$IBD = \frac{T - S}{S(n - 1)} 100 \%, \quad (3)$$

де S – кількість видів на всіх дослідних секціях. Величину T розраховували за формулою (4):

$$T = \sum S = S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_n, \quad (4)$$

де $S_1, S_2, S_3 \dots S_n$ – кількість видів на кожній дослідній секції;
 n – кількість секцій.

Санітарний стан дерев оцінювали за шкалою категорій стану дерев: I – без ознак ослаблення; II – ослаблені; III – дуже ослаблені; IV – відмираючі; V – свіжий сухостій, VI – старий сухостій (Sanitary Forests Regulations in Ukraine 1995).

Для подальшої обробки даних використовували загальноприйняті математичні та статистичні методи обчислень (Dospikhov 1985).

Результати та обговорення. Розкривні породи, з яких сформовано відвали, складаються переважно з палеоген-неогенових щільних і в'язких глин із домішкою щебеню вапняку, кремнію та мергелю. За даними агрохімічної лабораторії ПАТ «Новотроїцьке РУ», глини мають середній або сильний ступінь засоленості (содово-сульфатне, хлоридно-содове, сульфатне та сульфатно-содове) (Agrochemical methods 1975). Вони є фітотоксичними. З метою перекриття токсичних для рослин сумішей та для формування остаточного шару на бермах і плато, а також на скосах відвалів використовують четвертинні легкоглинисті суглинки зі щебенем доломітизованих вапняків (76 % суглинків взагалі є незасоленими або слабо засоленими: ступінь засолення становить менше ніж 2 %).

Довільні ґрунтосуміші розкривних порід на денній поверхні відвалів за класифікацією УкрНДІЛГА належать до II (відносно бідні породи) та III (бідні породи) класів родючості (лісопридатності) та до дуже сухих (0) і сухих типів (1) за умовами місцезростання (Reference book 1988). Згідно з даними агрохімічного й агрофізичного обстеження у складі насипних ґрунтосумішей переважають важкі суглинки, кількість азоту становить 13,7–32,8 мг N, фосфору – 2,0–4,0 мг P_2O_5 , калію – 28,0–69,0 мг K_2O на 1 кг ґрунту, що відповідає низькому рівню забезпеченості основними елементами живлення рослин. Аналіз содового складу водної витяжки показав, що насипні ґрунтосуміші з переважанням четвертинних суглинків є нетоксичними (сухий залишок становить 0,076–0,174 %). Їхня водостійкість є задовільною, структурність – незадовільною, вони є карбонатними, лужними (рН водне 8,0–8,1). Загалом ці ґрунтосуміші є придатними для росту рослинності.

Дослідні ділянки розташовані на відвалах Ольгинському, Миколаївському, Залізничному, Вапняковому, внутрішньому відвалі Західно-Доломітного кар'єру, відвалі відходів дробильно-збагачувальної фабрики (ДЗФ), природоохоронній призмі до відвалу ДЗФ. Рельєф ділянок є складним, це скоси різних експозицій стрімкістю від 14 до 30°, які належать до верхніх плато відвалів і берм, різняться висотою над рівнем моря, розрізняються за типами умов місцезростання (ТУМ) (табл. 1).

За умовами вологозабезпеченості до дуже сухих місцезростань належить 51 % площ рекультивційних ділянок, інші 49 % належать до сухих. За трофністю нанесених ґрунтосумішей 41 % площ належить до II класу родючості, 59 % – до III класу та є придатними для росту деревно-чагарникової рослинності.

Природне заростання зовнішніх відвалів відбувається за участю найбільш стійких і толерантних до умов місцезростання видів, найпоширенішими є робінія звичайна (*Robinia pseudoacacia* L.) маслинка вузьколиста (*Elaeagnus angustifolia* L.), абрикос звичайний (*Armeniaca vulgaris* Lam.), ясен звичайний (*Fraxinus excelsior* L.), клен татарський (*Acer (A.) tataricum* L.), клен ясенелистий (*A. negundo* L.), в'яз шорсткий (*Ulmus (U.) glabra* Huds.), в'яз корковий (*U. suberosa* Moench), вишня магалебська (*Cerasus mahaleb* (L.) Mill.), терен (*Prunus spinosa* L.), сніжноягідник прирічковий (*Symphoricarpos rivularis* Suksdorf), свидина кров'яна (*Swida sanguinea* (L.) Opiz), скумпія звичайна (*Cotinus coggygria* Scop.), шипшина собача (*Rosa canina* L.), оцтове дерево (*Rhus typhina* L.), глід колючий (*Crataegus oxyacantha* L.), бирючина звичайна (*Ligustrum vulgare* L.), дереза звичайна (*Lycium barbarum* L.), жимолость татарська (*Lonicera tatarica* L.) тощо. Багато видів інших дерев і чагарників трапляються на відвалах у невеликій кількості або поодинокі.

Таблиця 1

Розподіл площ дослідних ділянок за ТУМ (зовнішні відвали ПАТ «Новотроїцьке РУ»)

№ з/п	Розташування дослідних ділянок (експозиція скосу), стрімкість, град. / висота над рівнем моря, м	Розподіл площ за ТУМ: абсолютний (га) / відносний (%)				
		П ₀	П ₁	П ₀	П ₁	Загалом
1	Скоси верхніх плато (ПдСх), стрімк. 17–28°/ 235–241	0,6/7,3	–	0,9/11,0	–	1,5/18,3
2	Скоси верхніх плато (ПнСх), стрімк. 15–23°/ 236–241	–	1,2/14,6	–	0,6/7,4	1,8/22,0
3	Скоси середніх берм (ПнЗх), стрімк. 14–21°/ 230–235	–	0,42/5,1	–	0,78/9,5	1,2/14,6
4	Скоси середніх берм (ПнЗх), стрімк. 21–30°/ 229–236	0,36/4,4	–	0,84/10,2	–	1,2/14,6
5	Скоси нижніх берм (Пн), стрімк. 17–26°/ 221–226	–	0,3/3,7	–	0,7/8,5	1,0/12,2
6	Скоси нижніх берм (Пд), стрімк. 15–24°/ 220–226	0,48/5,9	–	1,02/12,4	–	1,50/18,3
Загалом		1,44/17,6	1,92/23,4	2,76/33,6	2,08/25,4	8,2/100

У регіоні досліджень заселення відвалів деревно-чагарниковою рослинністю істотно залежить від складу розкривних порід, із яких формується поверхня відвалів, а також від метеорологічних та антропогенних чинників. Природне поновлення з'являється переважно в мікропониженнях, насамперед на скосах (схилах) західної та північно-західної експозиції, а також у нижніх частинах східної та північно-східної експозиції, тобто за умов кращого зволоження та мікроклімату. Деревно-чагарникова рослинність за інших однакових умов краще поновлюється на сильно- та середньокам'янистих ґрунтах, що, за нашими спостереженнями та на думку дослідників (Vasilieva 1981, 1985), пов'язано зі сприятливішим водним режимом і з відсутністю конкуренції з боку трав'янистої рослинності. Структура та вигляд рослинних угруповань визначаються комплексом екологічних умов, які являють собою їхнє життєве середовище.

Природне заростання (сильватизація) порушених територій за первісним характером розповсюдження деревно-чагарникової рослинності відбувається спочатку насіннєвим шляхом – поселенням піонерних видів розсіяно-поодинокі на нових площах за допомогою вітрових потоків та орнітохорно. Згодом додається вегетативне поновлення – заростання площ експансивними вегетативнорухливими деревно-чагарниковими видами суцільними ділянками-куртинами різної площі. Через деякий проміжок часу сильватизація вже відбувається за комбінованим типом – одночасно обома вищепоказаними шляхами. Сильватизація як самозаліснення порушених територій є одним із важливих еколого-біологічних процесів, який із часом прогнозовано призводить до трансформації екосистем, утворення нових рослинних угруповань, підвищення лісистості порушених територій.

Для оцінювання динаміки процесів природного заростання на зовнішніх відвалах було закладено пробні площі у різних едафічних, орографічних, мікрокліматичних умовах та з відмінним представництвом наявної рослинності.

Пробна площа № 1. Відвал Ольгинський, схил південно-західної експозиції верхнього плато стрімкістю 12°, ТУМ – П₁, площа – 0,066 га. Паростки (1–2-річні) оцтового дерева висаджено навесні 2001 р. у верхній частині скосу з метою дослідження їхнього подальшого розповсюдження залежно від орографічних умов. Закладено досліди з різним розташуванням рослин у стрічці – варіанти 1, 2, 3 – відповідно через 1,5; 1,0 та 0,7 м (на площі 0,022 га кожен). Дослідженнями визначено, що на всіх варіантах різновікове вегетативне поновлення оцтового дерева розповсюджується по всій площі, як на рівну поверхню плато, так і вниз по схилу, з утворенням чистих, сегрегативних (без домішок інших видів) куртин (рис. 1).



Рис. 1 – Природне заростання схилу оцтовим деревом

За висотою природне поновлення оцтового дерева на пробній площі поділяється на дві категорії: дрібне (заввишки 0,1–0,5 м) – 68 % та середнє (0,6–1,5 м) – 32 %. За густотою природне поновлення належить також до двох категорій: середньої густоти (2–8 тис. шт.·га⁻¹) – на першому варіанті та густе (8–13 тис. шт.·га⁻¹) – на другому та третьому варіантах. Розміщення поновлення на площі є рівномірним (частота трапляння – понад 65 %). Рослини оцтового дерева є стійкими до посух, толерантними до ґрунтових умов, але є чутливими до пошкодження морозами. Загальне проективне покриття у варіантах становить 64, 73 та 92 % відповідно.

Пробна площа № 2. Площа – 0,2 га, відвал Західно-Доломітного кар'єру. Досліджувана ділянка дислокована у верхній частині схилу стрімкістю 25°, експозиція – південно-західна. Ґрунти представлені сумішами з четвертинних незасолених суглинків і різних видів глин, ТУМ П₁. На ділянці росте фонові степова рослинність, у її складі домінують степові злаки, присутні молочай соняшний (*Euphorbia (E.) helioscopia* L.), молочай Сегієрів (*E. seguierana* Neck.), подорожник великий (*Plantago (P) major* L.), подорожник ланцетолистий (*P. lanceolata* L.), деревій звичайний (*Achillea millefolium* L.), цикорій дикий (*Cichorium intybus* L.), лобода біла (*Chenopodium album* L.), полин гіркий (*Artemisia (A.) vulgaris* L.), полин австрійський (*A. austriaca* Jacq.) тощо. Проективне покриття трав'янистою рослинністю становить 23 %.

Деревно-чагарникова рослинність представлена робінією звичайною віком від 2 до 5 років, переважно вегетативного походження, яка активно розповсюджується по схилу (рис. 2). Рослини ростуть солітерно, а також утворюють чисті за складом куртини та групи з вегетативного поновлення. Розміщення на площі – рівномірно-розосереджене та куртинне, проективне покриття – 68 %. За висотою природне поновлення робінії звичайної поділяється на три категорії: дрібне (заввишки 0,1–0,5 м) – 11 %, середнє (0,6–1,5 м) – 57 %, велике (заввишки понад 1,5 м) – 32 %. За густотою природне поновлення поділяється на дві категорії: рідке (до 2 тис. шт.·га⁻¹) – на облікових ділянках у верхній частині схилу та середньої густоти (2–8 тис. шт.·га⁻¹) – у нижній третині схилу. За розміщенням на площі поновлення розподіляється на дві категорії: рівномірне (частота трапляння – понад 65 %) та групове (у групах не менше ніж 10 дрібних або 5 середніх і великих життєздатних екземплярів зімкненого поновлення).



Рис. 2 – Залісення схилу відвалу (вегетативне розмноження робінії звичайної)

Пробна площа № 3. Відвал відходів ДЗФ, сформований у 1998 р., площа – 0,32 га. Досліджувана ділянка має південно-східну експозицію та знаходиться у верхній частині вітроударного схилу стрімкістю 19°. Ґрунти є сумішами з дрібних фракцій відходів ДЗФ, ТУМ – III₀. Проективне покриття фонові трав'яної степової рослинності становить лише 11 %. У її складі переважають степові злаки, в невеликій кількості трапляються буркун лікарський (*Melilotus officinales* (L.) Desr.), парило звичайне (*Agrimonia eupatoria* L), деревій звичайний, полин австрійський.

Деревно-чагарникова рослинність представлена солітерами, мішаними групами та куртинами з різною кількістю рослин у складі. Основу угруповань становлять різновікові рослини вишні магалебської, маслинки вузьколистої, робінії звичайної, абрикоса, клена татарського, шипшини, свидини. Всі види рясно плодоносять. Солітерно ростуть абрикос, вишня магалебська, маслинка вузьколиста, шипшина. Робінія звичайна та свидина утворюють чисті за складом куртини. Розміщення рослин по площі ділянки – розосереджене, приурочене до численних мікропонижень у рельєфі, проективне покриття становить 57 %. За кількісним представництвом домінує робінія звичайна насінневого й вегетативного походження заввишки від 1,3 до 9,3 м. Маслинка вузьколиста сягає висоти від 2,3 до 6,9 м. Абрикос на ділянці має висоту від 2,9 до 5,9 м. Унаслідок пошкодження морозами та неоднакового відновлення спостерігаємо чималу різницю за висотою рослин маслинки вузьколистої та абрикоса. Самосівна вишня магалебська має висоту 3,2–4,7 м, клен татарський – 1,5–2,3 м. Шипшина росте солітерно та в складі груп і куртин, її висота становить 1,2–2,1 м. Свидина утворює шість чистих куртин загальною площею 72 м². За густотою природне поновлення на пробній площі належить до категорії рідке (до 2 тис. шт.·га⁻¹). У складі мішаних груп і куртин домінують робінія звичайна, абрикос та маслинка вузьколиста, які розташовуються всередині, а зовні їх доповнюють вишня магалебська, клен татарський, шипшина, свидина. Очевидно, що в процесі самозалісення цієї

ділянки першими тут з'явилися робінія звичайна, вишня магалебська і маслинка вузьколиста, про що свідчить наявність великовікових особин та особливості формування біогруп.

Характеристику природного заростання на інших дослідних об'єктах подано в таблиці 2.

Таблиця 2

Характеристика природного заростання (сильватизації) на дослідних об'єктах (зовнішні відвали ПАТ «Новотроїцьке РУ»)

Номер секції / площа, га	Об'єкт дослід- ження / стрімкість скосу	Переважаючі деревно-чагар- никові види (за рангом представ- ництва)	ТУМ	Експозиція скосу / висота над рівнем моря, м	Ступінь зімкне- ності / кількість особин на 1 га, шт.	Характер розселення	Способи розселен- ня		Категорії санітарного стану	Проективне покривтя трав'янистою рослинністю, %
							Насінне- вий	Вегета- тивний		
1/ 0,25	Відвал ДЗФ / стрімк. 17°	Кля, Абз, Вшм	III ₀	ПдСх / 238	Серед-ній / 4 400	Розосе- редже- ний, груп- овий	+	-	I–II	45
2/ 0,30	Відвал Ольгин- ський / стрімк. 21°	Акб, Сяп, Вшм, Свк, Биз, Шпс	II ₁	ПнСх / 236	Густий / 5 200	Груп- овий, куртин- ний	+	+	II–III	33
3/ 0,25	Відвал Вапняко- вий / стрімк. 14°	Акб, Мсв, Вшм, Шпс	II ₁	ПнЗх / 232	Густий / 6 000	Груп- овий, куртин- ний	+	+	II–III	27
4/ 0,32	Відвал Микола- ївський / стрімк. 21°	Акб, Абз, Мсв, Трк, Свк, Вшм, Клт, Сяп	II ₁	ПдЗх / 229	Густий / 6 800	Суціль- ний, куртин- ний	+	+	II	36
5/ 0,28	Відвал призма до відвалу ДЗФ / стрімк. 25°	Яз, Кля, Абз, Вшм, Биз, Свк	III ₁	Пн / 223	Середній / 3 600	Груп- овий, куртин- ний	+	+	II–III	42
6/ 0,35	Відвал Залізнич- ний / стрімк. 17°	Яз, Абз, Вшм, Шпс	III ₀	Пд / 221	Середній / 2 800	Розосе- реджен- ий	+	-	II–III	29

Примітка: Абз – абрикос звичайний, Акб – робінія звичайна, Кля – клен ясенелистий, Мсв – маслинка вузьколиста, Яз – ясен звичайний, Биз – бирючина звичайна, Вшм – вишня магалебська, Клт – клен татарський, Свк – свидина кров'яна, Сяп – сніжноглідник прирічковий, Трк – терен колючий, Шпс – шипшина собача.

На зовнішніх відвалах процеси сильватизації відбуваються на скосах відвалів довільної експозиції за рахунок насіннево-вегетативного розселення найстійкіших деревно-чагарникових видів. Характер розселення є поступовим – від розосередженого до суцільного. Динаміка заростання залежить від видового складу рослинності, експозиції скосів, умов місцезростання, мікрокліматичних умов ділянок. На дослідних ділянках природне поновлення за густотою належить до категорій від рідкого (до 2 тис. шт.·га⁻¹) до густого (8–13 тис. шт.·га⁻¹). Для порівняння, штучно створені рекультивацийні насадження мають проектну густоту 5,7 тис. шт.·га⁻¹.

Для з'ясування зв'язків дендрофлори дослідних секцій складено списки з наявних видів та для кожної пари об'єктів обчислено значення коефіцієнта подібності Жаккара та індекс подібності Серенсена. Показники попарних порівнянь дендрофлори записано в матриці

подібності, де порівнювані флори розміщені за рядками та стовпцями, а значення подібності між ними наведено на їхньому перетині. У чисельнику подано коефіцієнт Жаккара, у знаменнику – коефіцієнт Серенсена (табл. 3).

Таблиця 3

Матриця видової подібності дендрофлори на дослідних секціях

Секція	1	2	3	4	5	6
1	1/1	0,125/0,222	0,167/0,286	0,222/0,364	0,500/0,667	0,400/0,571
2	0,125/0,222	1/1	0,429/0,600	0,400/0,571	0,333/0,500	0,250/0,400
3	0,167/0,286	0,429/0,600	1/1	0,333/0,500	0,111/0,200	0,333/0,500
4	0,222/0,364	0,400/0,571	0,333/0,500	1/1	0,273/0,429	0,200/0,333
5	0,500/0,667	0,333/0,500	0,111/0,200	0,273/0,429	1/1	0,429/0,600
6	0,400/0,571	0,250/0,400	0,333/0,500	0,200/0,333	0,429/0,600	1/1

Видова подібність дендрофлори дослідних секцій є меншою за 1, діапазон варіювання показників коефіцієнта Жаккара в матриці становить $0,111 < K_J < 0,500$, середнє значення $K_{J\text{сер}} = 30,03 \%$, що свідчить про незначний рівень видової подібності флори дослідних секцій (табл. 3). Діапазон значень індексу Серенсена в матриці становить $0,200 < Q_s < 0,667$, середнє значення індексу $Q_{s\text{сер}} = 44,95 \%$, що свідчить про середній рівень видової подібності флори дослідних секцій.

Максимальні значення коефіцієнта Жаккара та індексу Серенсена отримано для дендрофлори однієї пари порівнюваних секцій – № 1 і № 5: $K_J = 0,500$ (50 %); $Q_s = 0,667$ (66,7 %). Найменш подібними між собою за двома коефіцієнтами є секції № 3 й № 5: $K_J = 0,111$ (11,1 %), $Q_s = 0,200$ (20,0 %).

Індекс біотичної дисперсії Коха (IBD) для дендрофлори всіх шести дослідних секцій становить 31,60 %, що свідчить про подібність дендрофлори на дослідних секціях.

Висновки. За результатами досліджень визначено, що після корінних змін у структурі степового ландшафту на порушених територіях Новотроїцького родовища флюсової сировини (зовнішніх відвалах ПАТ «Новотроїцьке РУ») вже в перші роки розпочинається поступовий процес природного відновлення рослинного покриву.

Самозаліснення скосів відвалів є мозаїчним. Біогрупи деревних і чагарникових видів приурочені до мікропонижень рельєфу, де формуються сприятливіші умови зволоження та концентрується насіння внаслідок його перенесення вітром і водними потоками. Джерелом надходження насіння та вегетативного поширення дендрофлори є наявні масивні насадження, біогрупи та окремі дерева й чагарники.

Найактивніше насіннєвим і вегетативним шляхом розповсюджуються такі види: робінія звичайна, сніжноягідник прирічковий, свидина кров'яна, маслинка вузьколиста, вишня магалебська, терен звичайний, скупія звичайна, ясен звичайний, в'яз шорсткий, шипшина собача, оцтове дерево, абрикос звичайний, клен татарський, клен ясенелистий, глід колючий, дереза звичайна. Природне поновлення деревно-чагарникових видів на різних дослідних ділянках оцінено за густиною від рідкого (до 2 тис. шт. · га⁻¹) до густого (8–13 тис. шт. · га⁻¹).

Діапазон варіювання показників коефіцієнта Жаккара становить від 0,111 до 0,500, індексу Серенсена – від 0,200 до 0,667. Індекс біотичної дисперсії Коха для дендрофлори всіх шести дослідних секцій свідчить про подібність дендрофлори на дослідних секціях.

ПОСИЛАННЯ – REFERENCES

- Agrochemical methods of soil research. 1975. [Sokolov, A.V., Ed.]. Moscow, Nauka, 656 p. (in Russian).
 Belgard, A. L. 1971. Steppe silviculture. Moscow, Lesnaya promyshlennost, 336 p. (in Russian).
 Didukh, Ya. P., Kagala, O. O., Prots, B. G. 2012. Ecotopes (settlements) of Ukraine: scientific bases of their research and practical results of inventory. Proceedings of workshop. Kyiv, 21–22 March 2012. Kyiv, Lviv, 194 p. (in Ukrainian).
 Dospekhov, B. A. 1985. Field experiment methodology. Moscow, Agropromizdat, 351 p. (in Russian).

- Forest inventory sample plots. Establishing method. Corporate standard 02.02-37-476:2006. 2007. Valid from May 1, 2007. Kyiv, Ministry for Agrarian Policy of Ukraine, 32 p. (in Ukrainian).
- Glukhov, O. Z., Prohorova, S. I., Harhota, G. I.* 2009. The main conceptual provisions and the state of development of the database 'phytodiversity of technogenic ecotopes'. *Promyshlennaya botanika*, 9: 3–14 (in Ukrainian).
- Hrom, M. M.* 2007. Forest inventory. Lviv, RVV NLTU, 416 p. (in Ukrainian).
- Kaar, E. V. and Rajd, L. K.* 1988. Natural overgrowth and accumulation of organic matter on shaly dumps. In: *Issues of disturbed land reclamation*. Sverdlovsk, UO AN SSSR, p. 37–38 (in Russian).
- Klevenskaya, I. L., Trofimov, S. S., Taranov, S. A., Kandrashin, E. R.* 1985. Succession and functioning of microbocenoses in young soils of technogenic ecosystems of Kuzbass. In: *The microbial cenoses in soils under anthropogenic impact*. Novosibirsk, Nauka, p. 3–21 (in Russian).
- Komshin, V. A.* 1990. Flora of anthropogenic landscapes of East Kazakhstan. In: *Plants and industrial environment. Proceedings of the 1st All-Union Scientific Conference*. Dnipropetrovsk, DGU, p. 27 (in Russian).
- Kondratyuk, E. N., Burda, R. I., Ostapko, V. M.* 1985. Synopsis of the flora of the south-east of Ukraine. Vascular plants. Kyiv, Naukova dumka, 272 p. (in Russian).
- Korotkova, T. M.* 2017. Forest recultivation plantings as a factor of conservation and enrichment of biodiversity of man-made landscapes of Donetsk Region. In: *Genetic fund of collections of botanical gardens and arboreturns is the key to sustainable phytocenoses in the context of climatic changes. Collected papers of the International Scientific Conference dedicated to the 150th anniversary of the Botanical Garden named after Academician V. I. Lipsky of Odessa I. I. Mechnikov National University*. Odesa, ONU, p. 73–76 (in Ukrainian).
- Korotkova, T. M. and Solomaha, N. G.* 2011. State and dynamics of forest ecosystems of the Kleban-Byk regional landscape park. In: *State and dynamics of protected forests in the modern ravine steppe of the Donetsk Ridge*. Donetsk, TOV Tehnopak, p. 67–26 (in Ukrainian).
- Korotkova, T. M. and Solomaha, N. G.* 2018. Silvaticization as a process of reservatogenic changes in the regional landscape park 'Kleban-Byk' (Donetsk Region). In: *Regional aspects of floristic and faunal research. Proceedings of the fifth international scientific and practical conference*. Chernivci, TOV Druk-Art, p. 186–188 (in Ukrainian).
- Masyuk, N. T.* 1974. Features of formation of natural and cultural phytocenoses on overburden rocks in places of industrial mining. In: *Land reclamation*. Dnipropetrovsk, DSHI, Vol. II, p. 62–105 (in Russian).
- Motorina, L. V. and Izhevskaya, T. I.* 1985. Natural formation of vegetation cover on dumps depending on environmental factors. In: *Ecological foundations of land reclamation*. Moscow, Nauka, p. 56–65 (in Russian).
- Motorina, L. V. and Ovchinnikov, V. A.* 1975. Industry and land reclamation. Moscow, Mysl, 240 p. (in Russian).
- Reference book of agroforestry. 1988. [Pasternak, P. S., Ed.]. Kyiv, Urozhay, 288 p. (in Ukrainian).
- Sanitary Forests Regulations in Ukraine. 1995. [Electronic resource]. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No 555 dated 27 July 1995. Available at: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-95-п#Text> (accessed 10.12.2020) (in Ukrainian).
- Sinelshikov, R. G.* 1992. Ecology of tree cultures of biogeocenoses of the steppe zone of Ukraine. Extended abstract of Doctoral thesis. Dnipropetrovsk, 35 p. (in Russian).
- Solomaha, N. G. and Korotkova, T. M.* 2011. Forest stands of the Zuevsky regional landscape park: current state and development prospects. In: *State and dynamics of protected forests in the modern ravine steppe of the Donetsk Ridge*. Donetsk, TOV Tehnopak, p. 127–172 (in Ukrainian).
- Pasternak, P. S.* 1990. Reference book of forester. Kyiv, Urozhay, 296 p. (in Ukrainian).
- Shanda, V. I.* 2011. Man-made biogeocenology and typological periodic system of man-made ecotopes. *Gruntoznavstvo*, 12(1–2): 42–45 (in Ukrainian).
- Shmidt, V. M.* 1984. Mathematical methods in botany. Leningrad, Leningrad University Publishing House, 288 p. (in Russian).
- Shtina, E. A., Neganova, L. B., Shushueva, M. G., Lanina, R. I.* 1978. Tasks and methods of studying algae developing on industrial dumps. In: *Programme and methodology for the study of technogenic biogeocenoses*. Moscow, Nauka, p. 73–88 (in Russian).
- Vasilieva, N. P.* 1981. Natural regeneration of forests on the dumps of the Kireevskoye deposit. *Lesovedenie*, 3: 73–81 (in Russian).
- Vasilieva, N. P.* 1985. Regularities of the natural reforestation process on dumps. In: *Ecological bases of land reclamation*. Moscow, Nauka, p. 65–77 (in Russian).
- Vorobyov, D. V.* 1967. Methods of forest typology research. Kyiv, Urozhay, 388 p. (in Russian).
- Yeterovska, L. V., Momot, G. F., Lehciyer, L. V.* 2008. Reclaimed soils: approaches to classification and taxonomy. *Soil Science*, 9(3–4): 147–150 (in Russian).
- Zhukov, S. P.* 2000. Anthropogenic succession of coal mine dumps in Donbass. Extended abstract of PhD thesis. Dnipropetrovsk, 19 p. (in Russian).
- Zhukov, S. P.* 2001. Scientific bases of optimization of processes of restoration of vegetation cover in the anthropogenic disturbed territories of Donbass. In: *Environmental protection and ecological safety. Proceedings of Scientific and Practical Conference*. Donetsk, 2: 37–39 (in Russian).

Zhukov, S. P. 2002. Changing the form of plant growth in the conditions of accumulative-dump formations in Donbass. In: Abstracts of the II International Conference on Plant Anatomy and Morphology (St. Petersburg, 14–18 October 2002). St. Petersburg, B.i., p. 278–279 (in Russian).

Zhukov, S. P. 2011. Differentiation of ecological niches of species and formation of phytocenoses on technogenically disturbed lands. Industrial botany. Collection of scientific papers. Donetsk, Donetsk Botanical Garden of NAS of Ukraine, 11: 36–41(in Ukrainian).

Korotkova T. M.¹, Solomakha N. G.²

SPECIFIC FEATURES OF NATURAL REVEGETATION IN TECHNOGENIC ECOTOPES ON OVERBURDEN DUMPS IN THE NOVOTROITSKY FLUXE RAW MATERIALS DEPOSIT

¹*State Enterprise 'Mariupol Forest Research Station'*

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

The features of natural revegetation of overburden dumps with trees and shrubs were analysed on the example of technogenic ecotopes at the private joint-stock company 'Novotroitsk mine management' (PJSC 'Novotroitske RU') in Donetsk Region. The study describes sylvatization processes (natural revegetation) and reveals its regularities as well as involves the list of species capable of self-dispersal in the areas disturbed by mining. The taxonomic list includes more than 40 species of native and introduced flora, among which the most common are *Robinia pseudoacacia* L., *Elaeagnus angustifolia* L., *Armeniaca vulgaris* Lam., *Acer negundo* L., *Cerasus mahaleb* (L.) Mill., *Prunus spinosa* L., *Rhus typhina* L., *Swida sanguinea* (L.) Opiz, *Cotinus coggygria* Scop., *Rosa canina* L., *Lycium barbarum* L., *Lonicera tatarica* L.

Key words: reclamation, natural revegetation, trees, shrubs.

E-mail: marlnis1892@gmail.com

Одержано редколегією 07.12.2020



<https://doi.org/10.33220/1026-3365.137.2020.51>

П. Б. ТАРНОПІЛЬСЬКИЙ, І. В. ЖАДАН

**ЛІСОТИПОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА НАСАДЖЕНЬ
НА РЕКУЛЬТИВОВАНИХ ЗЕМЛЯХ ЮРКІВСЬКОГО ВУГЛЕРОЗРІЗУ
ЧЕРКАСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького

За матеріалами повидільних баз даних ВО «Укрдержліспроект» станом на 2000, 2006, 2010 і 2017 рр. проведено аналіз лісорослинних умов, породного складу, походження, вікової структури, росту та розвитку лісових насаджень на рекультивованих землях Юрківського вуглерозрізу Черкаської області. Загальна площа рекреаційних лісів станом на 2017 р. становила 631,3 га. Штучно створено 579,4 га, або 91,6 % насаджень. За площею сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.) займає 47,3 %, робінія звичайна – 21,7 %, дуб звичайний (*Quercus robur* L.) – 11,6 %, клен ясенелистий (*Acer negundo* L.) – 7,2 %, береза повисла (*Betula pendula* Roth.) – 4,3 %, сосна кримська (*Pinus pallasiana* D. Don) – 3,3 %. Загальний середній розрахунковий клас бонітету масиву І,6, у насадженнях сосни звичайної – І,4, дуба звичайного – І,3, робінії звичайної – І,0. На ґрунтосумішах із участю лесоподібних суглинків формуються суборові, сугрудові та грудові лісорослинні умови – 3,2; 82,7 та 14,2 % відповідно станом на 2017 р. Свіжі гігروتони займають 97,4 % у лісових масивах, що загалом узгоджується із лісотипологічною класифікацією лісів України.

Ключові слова: лісова рекультивація, відвали, кар'єри, лісові культури, сосна звичайна, лісорослинні умови, таксаційні показники.

Вступ. Відповідно до бази даних техногенних об'єктів Державного науково-виробничого підприємства «Геоінформ Україна» в Україні налічується близько 550 об'єктів (відвали розкривних і скальних порід, шламонакопичувачі, терикони та інші об'єкти) гірничої, збагачувальної та переробної промисловості, що потребують проведення рекультиваційних робіт (Mineral resources 2018). Переважну більшість родовищ розробляють відкритим способом. Техногенні ландшафти, які утворюються в результаті видобутку корисних копалин відкритим способом, не тільки докорінно змінюють рельєф території, але й порушують її геологічну будову, гідрологічний режим, є джерелом забруднення довкілля внаслідок вітрової та водної ерозії. Відповідно до чинної нормативно-законодавчої бази на порушених гірничими підприємствами землях мають бути проведені роботи з рекультивації (Land Code of Ukraine 2002, On land protection 2003). Лісова рекультивація порушених відкритими гірничими роботами земель є найефективнішим напрямом біологічної рекультивації як економічно, так і за інтенсивністю поліпшувального екологічного впливу на довкілля. Біологічну рекультивацію можна розглядати як один зі шляхів створення «інженерно-природних систем» методами фітомеліорації (Byallovich 1970). Загальна площа порушених відкритим видобутком корисних копалин земель в Україні становить 146,5 тис. га (Ukrstat 2018). За приблизними даними УкрНДІЛГА з метою проведення лісової рекультивації лісогосподарськими державними підприємствами створено близько 30–40 тис. га лісових насаджень на таких землях. Площа залісених рекультивованих земель, які перебувають на балансі гірничих підприємств та у місцевих громад, також становить близько 30–40 тис. га.

Росту та розвитку лісових насаджень на рекультивованих землях притаманні особливості, які зумовлені агрохімічними та водно-фізичними властивостями відвальних ґрунтосумішей розкривних порід, складених із різних геологічних верств, видами та формами техногенного рельєфу кар'єрно-відвальних комплексів і низкою біотичних, абіотичних та антропогенних чинників (Brovko 2008, Strutinsky & Tarnopilsky 2017, Tarnopilsky 2018).

Метою роботи є оцінювання особливостей росту, розвитку, структури штучних лісових масивів на рекультивованих землях після добування бурого вугілля в Лісостепу України.

Матеріали й методи. Відповідно до лісотипологічного районування, Козачанське лісництво, де проводили дослідження, розташоване в області (ІІІ) свіжого помірно теплого

клімату – свіжий груд *IId*, району дніпровських свіжих грабових дібров (4) у подільському секторі (4.1). Найпоширеніший тип лісорослинних умов – D_2 , зональний тип лісу – свіжа діброва D_2 -Д (Vorobyov 1967, Ostapenko & Tkach 2002). Для оцінювання особливостей росту та формування лісових насаджень на рекультивованих землях, їхнього породного складу й вікової структури, повноти, динаміки росту в просторі й часі проведено аналіз повидільних баз даних ВО «Укрдержліспроєкт» станом на 2000, 2006, 2010 та 2017 рр. Лісотипологічні характеристики насаджень визначено шляхом групування та розподілу за площею табличних баз даних в MS Excel. Насадження оцінено за категоріями лісів, лісоутворювальними породами, походженням, повнотою, екотопами, типами лісорослинних умов, групами віку, класами бонітету. Для комплексної характеристики насаджень використано результати досліджень УкрНДЛГА за минулі роки, картографічні матеріали та літературні дані.

Видобуток бурого вугілля відкритим способом на Юрківському буровугільному розрізі розпочато в 1946 р. та закінчено в 1966 р. Порушені землі після технічної рекультивації поетапно передавали під заліснення у ДП «Звенигородське ЛГ». Нині площа рекультивованих земель у лісовому фонді Козачанського лісництва становить 631,3 га. Основну масу насаджень, близько 80 % (585 га), створено за період 1960–1980 рр. Залісені землі кар'єрно-відвального комплексу колишнього Юрківського вуглерозрізу нині є лісовим масивом, який із півночі безпосередньо межує з містом Ватутіне, яке засновано в 1947 р., у зв'язку з початком розробляння Юрківського буровугільного родовища (рис. 1).



Рис. 1 – Космічний знімок залісених кар'єрів і відвалів колишнього Юрківського вуглерозрізу

Лісові насадження кар'єрно-відвального комплексу Юрківського вуглерозрізу можна розподілити на три ділянки (рис. 1): I – північно-західна (кв. 82, 83, 84, 111) (рис. 2, б), II – центральна (кв. 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92) (рис. 2, в) та III – південно-східна, або

абзетцерний відвал (кв. 93) (рис. 2, з), який сформовано в результаті виконання розкривних робіт абзетцерним екскаватором і вивезення ґрунтосумішей із використанням залізничного транспорту. Ділянки різняться технологією видобутку бурого вугілля, особливостями формування техногенного рельєфу та часом початку й завершення гірничодобувних і рекультиваційних робіт. Найдавнішими є центральна ділянка та абзетцерний відвал, на яких створено перші штучні масивні лісові насадження, вік яких нині становить близько 60 років.

Квартальну сітку сформовано за результатами лісовпорядкування 2017 р. На крайній західній частині північно-західної ділянки окремо виділено 111 квартал (рис. 2, б).

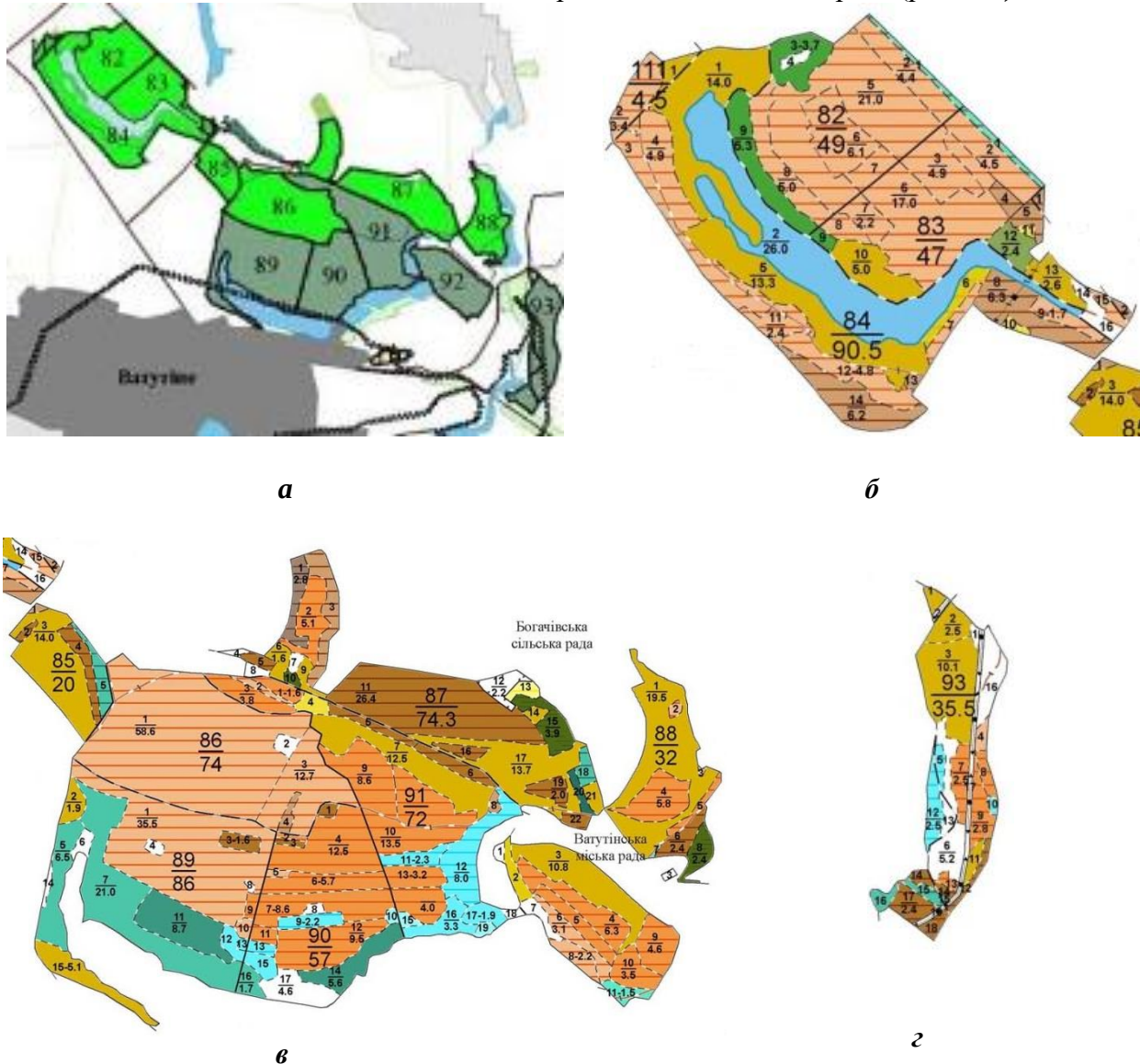


Рис. 2 – Картографічні матеріали насаджень Козачанського лісництва: а – розподіл лісових насаджень на рекультивованих землях Козачанського лісництва за категоріями захисності; б – квартална сітка (I) Північно-Західної ділянки, в – квартална сітка (II) центральної ділянки, г – квартална сітка (III) абзетцерного відвалу

Відповідно до матеріалів лісовпорядкування повидільної бази даних ВО «Укрдержліспроект» станом на 2010 р. лісові масиви розподілено на такі категорії захисності: лісогосподарська частина лісів зелених зон, яка займає 352,4 га, або 55,7 % укритих лісовою рослинністю земель (кв. 82, 83, 84, 85, 86, 87 та 88) та лісопаркова частина лісів зелених зон – 279,9 га, або 44,3 % відповідно (кв. 89, 90, 91, 92 і 93). Аналогічний розподіл існував і в 2017 р., окрім того, що з метою лісогосподарської доцільності 111 квартал віднесено до лісогосподарської частини лісів зелених зон. Відповідно до даних

лісовпорядкування 2017 р., загальна площа лісів становила 631,3 га, лісогосподарська частина лісів зелених зон займала 355,6 га, або 56,3 %, лісопаркова частина лісів зелених зон – 275,7 га, або 43,7 % від укритих лісовою рослинністю земель (рис. 2, а).

Перші насадження створювали на зовнішніх відвалах ґрунтосумішей розкритих порід у 87, 88 та 93 кварталах. Більшість лісових насаджень висаджено на внутрішніх відвалах і бортах кар'єрів у 82, 83, 84, 85, 86, 89, 90, 91, 92 та 111 кварталах.

Результати та обговорення. Лісові насадження на рекультивованих землях колишнього Юрківського вуглерозрізу віднесено до рекреаційних лісів відповідно до нормативно-законодавчих документів (The procedure for dividing forests into groups 1995, The procedure for dividing forests into categories 2007) із визначеними режимами природокористування (табл. 1).

Таблиця 1

**Розподіл площі насаджень на рекультивованих землях за групами та категоріями лісів
(за матеріалами лісовпорядкування)**

Захисна частина	Площа	
	га	%
Лісовпорядкування 2000 року		
Лісогосподарська частина лісів зелених зон	548,5	86,0
Інші ліси, що мають важливе значення для захисту природного середовища	89,4	14,0
Лісовпорядкування 2006 року		
Лісогосподарська частина лісів зелених зон	542,8	86,0
Інші ліси, що мають важливе значення для захисту природного середовища	88,5	14,0
Лісовпорядкування 2010 року		
Лісогосподарська частина лісів зелених зон	352,4	55,7
Лісопаркова частина лісів зелених зон	279,9	44,3
Лісовпорядкування 2017 року		
Лісогосподарська частина лісів зелених зон	355,6	56,3
Лісопаркова частина лісів зелених зон	275,7	43,7

Відповідно до «Порядку поділу лісів на категорії...» (The procedure of division of forests into categories 2007) лісові масиви віднесено до категорії рекреаційно-оздоровчих лісів. Частка лісів лісопаркової зони у 2017 р., як порівняти з 2000 р., значно зросла внаслідок перерозподілу площ масивів відповідно до нових законодавчих актів і сьогодні становить 43,7 % від загальної площі насаджень.

За породним складом насаджень зазначені лісові масиви можна вважати експериментальними, адже на час початку робіт із лісової рекультивації не було відомо, як приживуться та ростимуть на розкритих ґрунтосумішах чагарникові та деревні породи. Дослід із добору деревних і чагарникових порід із метою визначення сортименту видів для заліснення порушених земель тут закладено на відвалах із легкими пилюватими лесоподібними суглинками харківського ярусу в 1968 р. У досліді висаджено 27 деревних і чагарникових порід (Afforestation of quarries and dumps 1970), на основі дослідження росту та розвитку яких надалі сформовано та рекомендовано видовий склад дерев і чагарників із метою заліснення кар'єрно-відвальних комплексів. Відповідно до даних повидільної бази, протягом 2000–2017 рр. до складу насаджень як лісоутворювальні входять 16 порід (табл. 2).

Основними породами, які використовували у насадженнях для заліснення відвалів та кар'єрів, є сосна звичайна, робінія звичайна, дуб звичайний, клен ясенелистий, береза повисла і сосна кримська. У 2000 і 2017 рр. частка площ насаджень сосни звичайної становила 55,4 і 47,3 % від площі вкритих лісовою рослинністю ділянок відповідно, робінії звичайної – 19,2 і 21,7 %, дуба звичайного – 11,1 і 11,6 %, клена ясенелистого – 1,7 і 7,2 %, берези повислої – 1,9 і 4,3 % та сосни кримської – 3,4 і 3,3 % відповідно. Разом вони займають 95,4 % площі лісових масивів. На насадження інших порід припадає менше ніж 1 %, що загалом становить 4,6 % від площі вкритих лісовою рослинністю ділянок. Окрім

зазначених порід у насадженнях присутні берест *Ulmus carpinifolia* Rupp. ex G. Suchow, модрина європейська *Larix decidua* Mill., ялина європейська *Picea abies* (L.) Karst., тополя чорна *Populus nigra* L., ясен ланцетний *Fraxinus lanceolata* Borkh., сосна Банкса *Pinus banksiana* Lamb., клен польовий *Acer campestre* L., сумах дубильний *Rhus coriaria* L. Із часом площа насаджень піонерних порід дещо збільшилася як в абсолютних, так і у відносних показниках. Площа робінієвих насаджень зросла із 122,4 га у 2000 р. до 137,0 га у 2017 р., або на 2,5 % від загальної площі насаджень, площа клена ясенелистого – з 10,9 га до 45,5 га, або на 5,7 %, що є небажаним явищем і свідчить про погіршення рекреаційної привабливості та лісівничих функцій лісів.

Таблиця 2

Розподіл площі насаджень різних лісоутворювальних порід на рекультивованих землях

№ з/п	Порода	Рік лісовпорядкування							
		2000		2006		2010		2017	
		га	%	га	%	га	%	га	%
1	Береза повисла <i>Betula pendula</i> Roth.	12,0	1,9	23,5	3,7	23,5	3,7	26,9	4,3
2	Робінія звичайна <i>Robinia pseudoacacia</i> L.	122,4	19,2	122,5	19,4	128	20,2	137,0	21,7
3	Верба біла <i>Salix alba</i> L.	–	–	–	–	–	–	2,4	0,4
4	Верба ламка <i>Salix fragilis</i> L.	4,1	0,6	3,9	0,6	3,9	0,6	6,8	1,1
5	Вільха чорна <i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.	2,8	0,4	2,8	0,4	2,8	0,4	–	–
6	Дуб звичайний <i>Quercus robur</i> L.	71,1	11,1	75	11,9	75	11,9	73,1	11,6
7	Дуб червоний <i>Quercus borealis</i> Michx	0,5	0,1	2,3	0,4	3,3	0,5	1,5	0,2
8	Клен гостролистий <i>Acer platanoides</i> L.	–	–	–	–	–	–	5,7	0,9
9	Клен ясенелистий <i>Acer negundo</i> L.	10,9	1,7	48,2	7,6	48,2	7,6	45,5	7,2
10	Липа дрібнолиста <i>Tilia cordata</i> Mill.	1,0	0,2	1,2	0,2	1,2	0,2	1,1	0,2
11	Осика <i>Populus tremula</i> L.	3,5	0,5	3,5	0,6	3,5	0,6	9,6	1,5
12	Сосна звичайна <i>Pinus sylvestris</i> L.	351,7	55,1	319,3	50,6	313,8	49,6	298,7	47,3
13	Сосна кримська <i>Pinus pallasiana</i> D. Don	21,6	3,4	20,6	3,3	20,6	3,3	20,6	3,3
14	Тополя канадська <i>Populus deltoides</i> Marshall × <i>Populus nigra</i> L.	5,7	0,9	5,7	0,9	5,7	0,9	–	–
15	Ясен звичайний <i>Fraxinus excelsior</i> L.	2,6	0,4	2,8	0,4	2,8	0,4	2,4	0,4
16	Маслинка вузьколиста <i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	28	4,4	–	–	–	–	–	–
Разом:		637,9	100,0	631,3	100,0	632,3	100,0	631,3	100,0

На рекультивованих землях переважають насадження штучного походження, які займають 549,1 га, або 87,0 % площі лісів. Насадження вегетативного походження загалом займають 10,9 %, а природного насіннєвого – 2,2 % площі масиву. Розподіл насаджень за походженням наведено в таблиці 3. Проти 2000 р. відносна площа штучних насаджень знизилася на 2,5 %, а вегетативного та насіннєвого природного походження – зросла на 1,1 та 1,5 % відповідно.

Таблиця 3

Розподіл площі насаджень на рекультивованих землях за походженням

Походження	Рік лісовпорядкування							
	2000		2006		2010		2017	
	га	%	га	%	га	%	га	%
Вегетативне паросткове	4,9	0,8	51,9	8,2	41,0	6,5	68,6	10,9
Насіннєве природне	28,6	4,5	1,0	0,2	11,9	1,9	13,6	2,2
Насіннєве штучне	604,4	94,8	578,4	91,6	579,4	91,6	549,1	87,0
Разом	637,9	100,0	631,3	100,0	632,3	100,0	631,3	100,0

Загальна площа насаджень у 2017 р. проти 2000 р. зменшилася на 6,6 га. Частка соснових насаджень зменшилася на 53,0 га, а відносно загальної площі на 7,8 %. Найімовірніше, це пов'язане як зі зміною цільового призначення земель, так і з негативним впливом пожеж, хвороб і шкідників. У лісовому масиві зросла частка площ насаджень клена ясенелистого – з 1,7 % до 7,2 % і берези повислої – з 1,9 % до 4,3 %. У низькоповнотному природному насажденні маслинок вузьколистий, клена ясенелистого, осики та сосни звичайної зі складом 7Мсл2Кляс1Ос+Сз у 4 виділі 89 кварталу, вочевидь, відбулася зміна порід, і маслинку з часом як світлолюбну і недовговічну породу було витіснено агресивнішими кленом ясенелистим та осикою (5Кляс4Ос1Сз).

Відповідно до даних лісовпорядкування 2000 та 2017 рр. (табл. 4), на рекультивованих землях переважали середньоповнотні насадження (0,6–0,7), частка яких становила 58,8 та 62,0 % відповідно. За даними лісовпорядкування 2006 р. середньоповнотні деревостани у лісовому масиві становили 41,2 %, а високоповнотні – 49,6 %, що стало результатом проведення лісгосподарських заходів, зокрема рубок догляду, та змін, що відбуваються в процесі формування самих лісових екосистем.

Таблиця 4

Розподіл площі насаджень на рекультивованих землях за повнотою

Повнота насаджень	Рік лісовпорядкування							
	2000		2006		2010		2017	
	га	%	га	%	га	%	га	%
Низькоповнотні (0,4–0,5)	28,0	4,4	51,9	8,2	50,7	8,0	52,5	8,3
Середньоповнотні (0,6–0,7)	375,3	58,8	266,0	42,1	396,4	62,7	391,6	62,0
Високоповнотні (0,8 і вище)	234,6	36,8	313,4	49,6	185,2	29,3	187,2	29,7
Разом	637,9	100,0	631,3	100,0	632,3	100,0	631,3	100,0

Якщо для визначення вологості едатопу на рекультивованих землях можна керуватися загальноживими правилами, враховуючи глибину залягання ґрунтових вод, розташування ділянки відносно водойм, висоту підняття крайки зволоження, кліматичні умови, то розподіл насаджень за трофністю едатопу та типами лісорослинних умов на рекультивованих землях можна вважати доволі умовним. Насамперед слід звернути увагу на те, що ґрунтосумішами, на яких створено лісові культури, є геологічні верстви, розташовані над корисними копалинами, що не мали рослинності, а їхній лісорослинний потенціал є невідомим. Під час переміщення їх на поверхню під впливом біотичних та абіотичних чинників відбуваються процеси формування їхньої родючості, ґрунтоутворні процеси, зміна агрохімічних властивостей тощо. Динаміка їхнього окультурення залежить як від природних чинників, так і від антропогенного впливу, зокрема формування техногенних ґрунтів, створення штучних насаджень, внесення добрив, використання рослин-меліорантів і різних видів меліорації з метою покращення їхнього лісорослинного ефекту. Тому науковцями УкрНДІЛГА

опрацьовано класифікацію типів умов місцезростання (ТУМ) на рекультивованих землях за категоріями родючості та вологістю (Recommendations 1993).

У процесі росту та розвитку насаджень за період 2000–2017 рр. визначено флуктуацію і у змінах самих екотопів лісового масиву, що є свідченням формування насаджень і лісорослинних умов техногенних ґрунтів. Дещо більші показники площ свіжого гігротопу у 2000 р., порівнюючи з 2006 та 2010 рр., можливо, пов'язані зі зміною цільового призначення або вилученням частини земель із загальної площі лісового масиву (табл. 5). Це стосується і змін трофотопу (табл. 6). Решта змін у 2006 та 2010 рр. перебувають у межах можливої похибки під час проведення лісовпорядкування. Відсутність насаджень у сухих умовах за даними лісовпорядкування 2017 р. та фактична зміна сухого типу лісорослинних умов на свіжий (табл. 5, 7) можуть бути частково зумовлені покращенням росту самих насаджень і формуванням у них лісового середовища за свіжим типом лісорослинних умов, що й визначено лісовпорядниками. За даними лісовпорядкування 2017 р., у підліску трапляються бузина чорна (*Sambucus nigra* L.), аморфа кущова (*Amorpha fruticosa* L.), клен татарський (*Acer tataricum* L.), маслинка вузьколиста. Підлісок фактично сформувався в окремих виділах 82, 83, 84, 85, 87, 88, 89, 90, 91, 92 та 93 кварталів. Опосередковано на формування екотопу можуть впливати добір порід та агротехніка створення й вирощування лісових культур відповідно до ТУМ на початковому етапі лісокультурного виробництва, а надалі й проведення лісогосподарських заходів, зокрема рубок догляду.

Таблиця 5

Розподіл площі насаджень на рекультивованих землях за вологістю едотопу

Гігротоп	Рік лісовпорядкування							
	2000		2006		2010		2017	
	га	%	га	%	га	%	га	%
1	28,0	4,4	45,9	7,3	45,9	7,3	–	–
2	597,3	93,6	573,0	90,8	574,0	90,8	614,9	97,4
3	8,5	1,3	8,5	1,3	8,5	1,3	9,6	1,5
4	2,7	0,4	2,6	0,4	2,6	0,4	4,4	0,7
5	1,4	0,2	1,3	0,2	1,3	0,2	2,4	0,4
Разом	637,9	100,0	631,3	100,0	632,3	100,0	631,3	100,0

Для оцінювання трофності лісорослинних умов лісовпорядники керувалися таксаційними та лісівничими характеристиками самого насадження на певному етапі його росту й розвитку, що може бути оцінкою трофності лише для певного часового проміжку без урахування подальших процесів його окультурення та ґрунтоутворення. Тенденція до зростання площ із багатшими ТУМ особливо виразно виявляється за результатами аналізу даних лісовпорядкування 2010 та 2017 рр. (див. табл. 6, 7).

Таблиця 6

Розподіл площі насаджень на рекультивованих землях за трофністю едотопу

Трофотоп	Рік лісовпорядкування							
	2000		2006		2010		2017	
	га	%	га	%	га	%	га	%
A	1,0	0,2	0,9	0,1	–	–	–	–
B	307,0	48,1	301,0	47,7	301,9	47,7	20,2	3,2
C	203,9	32,0	203,3	32,2	204,3	32,3	521,6	82,7
D	126,0	19,8	126,1	20,0	126,1	19,9	89,5	14,2
Разом	637,9	100,0	631,3	100,0	632,3	100,0	631,3	100,0

Збільшення площі умовно сугрудових типів з 204,3 до 521,6 га та зменшення умовно суборових з 301,9 до 20,2 га не є помилкою під час проведення лісовпорядкування. Посилення росту насаджень із часом на рекультивованих землях виявлено в культурах дуба

звичайного та дуба червоного на стаціонарних дослідних об'єктах УкрНДЛГА на цьому ж Юрківському вуглерозрізі й раніше (Tarnopilsky et al. 2001, Tarnopilsky 2018). Значне збільшення площ сугрудових типів, зареєстроване лісовпорядкувальною експедицією, зумовлене насамперед якісними та кількісними змінами, які відбулися у більшості самих насаджень, зокрема, формуванням підліску, що й було зафіксовано у лісівничо-таксаційних матеріалах.

Таблиця 7

Розподіл площі насаджень на рекультивованих землях за типами лісорослинних умов

ТЛУ	Рік лісовпорядкування							
	2000		2006		2010		2017	
	га	%	га	%	га	%	га	%
A ₂	1,0	0,2	0,9	0,1	–	–	–	–
B ₁	28	4,4	45,9	7,3	45,9	7,3	–	–
B ₂	273,3	42,8	249,4	39,5	250,3	39,6	10,6	1,7
B ₃	5,7	0,9	5,7	0,9	5,7	0,9	9,6	1,5
C ₂	199,7	31,3	199,2	31,6	200,2	31,7	519,2	82,2
C ₃	2,8	0,4	2,8	0,4	2,8	0,4	–	–
C ₅	1,4	0,2	1,3	0,2	1,3	0,2	2,4	0,4
D ₂	123,3	19,3	123,5	19,6	123,5	19,5	85,1	13,5
D ₄	2,7	0,4	2,6	0,4	2,6	0,4	4,4	0,7
Разом	637,9	100,0	631,3	100,0	632,3	100,0	631,3	100,0

Загалом лісорослинні умови на рекультивованих землях кар'єрно-відвального комплексу колишнього Юрківського буровугільного розрізу виявилися сприятливими для вирощування лісу. У лісовому масиві зеленої зони міста Ватутіне на початок 2018 р. за вологістю понад 97% складає свіжий гігротоп, а за трофністю на частку суборових лісорослинних умов припадає 3,2 %, сугрудових – 82,7 та грудових – 15,2 %.

Розподіл за групами віку (табл. 8) свідчить, що лісокультурна діяльність зменшується, закономірно зростає частка середньовікових, пристиглих, стиглих і перестійних насаджень. До груп пристиглих, стиглих та перестійних насаджень переважно належать насадження з участю робінії звичайної, клена ясенелистого, тополі та осики. Більшість насаджень робінії звичайної – це культури, які висаджено в перші роки проведення рекультиваційних робіт. Насадження клена ясенелистого, осики, тополі канадської мають природне насіннєве й вегетативне походження.

Таблиця 8

Розподіл площі насаджень на рекультивованих землях за групами віку

Група віку	Рік лісовпорядкування							
	2000		2006		2010		2017	
	га	%	га	%	га	%	га	%
Молодняки I класу віку	42,0	6,6	16,8	2,7	1,8	0,3	1,0	0,2
Молодняки II класу віку	407,1	63,8	343,0	54,3	263,7	41,7	123,0	19,5
Середньовікові	12,8	2,0	86,9	13,8	158,1	25,0	286,9	45,4
Середньовікові, включені до розрахунку	34,0	5,3	2,0	0,3	20,0	3,2	19,2	3,0
Пристиглі	31,8	5,0	79,5	12,6	54,2	8,6	42,2	6,7
Стиглі	79,6	12,5	43,0	6,8	70,7	11,2	77,3	12,2
Перестійні	30,6	4,8	60,1	9,5	63,8	10,1	81,7	12,9
Разом	637,9	100,0	631,3	100,0	632,3	100,0	631,3	100,0

Молодняки й середньовікові ліси є лісовими культурами сосни звичайної та дуба звичайного.

Загальний середній розрахунковий бонітет за період від 2000 до 2017 р. знизився на один клас – із І^а,6 до І,6 (табл. 9). Проте частка найбільш розповсюджених класів бонітету І^а, І і ІІ із часом зростає з 71,7 % у 2000 р. до 77,0 % у 2006 р., 81,4 % у 2010 р. та 90,1 % у 2017 р. Це може опосередковано свідчити про покращення лісорослинних умов техногенних ґрунтосумішей кар’єрно-відвального комплексу в результаті меліоративного впливу насаджень.

Таблиця 9

Розподіл площі насаджень на рекультивованих землях за класами бонітету

Бонітет	Рік лісовпорядкування							
	2000		2006		2010		2017	
	га	%	га	%	га	%	га	%
І ^г	80,8	12,7	46,6	7,4	15,2	2,4	–	–
І ^б	3,6	0,6	3,9	0,6	3,4	0,5	–	–
І ^б	26,9	4,2	38,9	6,2	42,5	6,7	–	–
І ^а	67,2	10,5	31,4	5,0	71,4	11,3	62,9	10,0
І	292,7	45,9	340,2	53,9	286,9	45,4	290,3	46,0
ІІ	103,3	16,2	114,5	18,1	156,4	24,7	215,5	34,1
ІІІ	63,4	9,9	9,9	1,6	9,3	1,5	7,1	1,1
ІV	–	–	–	–	12,2	1,9	26,7	4,2
V	–	–	35	5,5	35	5,5	28,8	4,6
V ^а	–	–	10,9	1,7	–	–	–	–
Разом	675,6	100,0	631,3	100,0	632,3	100,0	631,3	100,0
Середній бонітет	І ^а ,6		І,0		І,2		І,6	

Динаміка росту за класами бонітету основних лісоутворювальних порід (табл. 10) відбиває як особливості формування самих насаджень із часом, так і антропогенний вплив та результати проведених господарських заходів.

Таблиця 10

Розподіл площі основних лісоутворювальних порід на рекультивованих землях за класами бонітету

Бонітет	Рік лісовпорядкування							
	2000		2006		2010		2017	
	га	%	га	%	га	%	га	%
Робінія звчайна								
I ^г	69,1	56,5	45,3	37,0	15,2	11,9	–	–
I ^б	2,1	1,7	2,1	1,7	3,4	2,7	–	–
I ^б	23,7	19,4	35,7	29,1	38,0	29,7	–	–
I ^а	27,5	22,5	1,1	0,9	33,1	25,9	51,9	37,9
I	–	0,0	26,7	21,8	26,7	20,9	37,6	27,4
II	–	0,0	11,6	9,5	11,6	9,1	47,3	34,5
III	–	0,0	–	0,0	–	0,0	0,2	0,1
Разом	122,4	100,0	122,5	100,0	128,0	100,0	137,0	100,0
Середній бонітет	I ^б ,1		I ^б ,0		I ^б ,7		I,0	
Дуб звичайний								
I ^а	2,8	3,9	1,4	1,9	3,5	4,7	0,5	0,7
I	23,6	33,2	25,0	33,3	22,9	30,5	59,3	81,1
II	40,1	56,4	48,2	64,3	47,5	63,3	8,9	12,2
III	4,6	6,5	0,4	0,5	1,1	1,5	1,6	2,2
IV	–	–	–	–	–	–	2,8	3,8
Разом	71,1	100,0	75,0	100,0	75,0	100,0	73,1	100,0
Середній бонітет	I,6		I,6		I,6		I,3	

Бонітет	Рік лісовпорядкування							
	2000		2006		2010		2017	
	га	%	га	%	га	%	га	%
Сосна звичайна								
I ^b	1,8	0,5	1,8	0,6	1,8	0,6	–	–
I ^a	33,3	9,5	23,1	7,2	27,9	8,9	6,3	2,1
I	255,4	72,6	262,5	82,2	206,8	65,9	170,0	56,9
II	42,0	11,9	31,9	10,0	77,3	24,6	119,9	40,1
III	19,2	5,5	–	–	–	–	2,5	0,8
Разом	351,7	100,0	319,3	100,0	313,8	100,0	298,7	100,0
Середній бонітет	I,1		I,0		I,1		I,4	

Робінія звичайна як порода-азотонакопичувач відзначається особливо інтенсивним ростом у молодому віці, тому і формує в цей період насадження високих класів бонітету. У 2000 р. середній вік насаджень із переважанням робінії звичайної становив 32,2 року (від 21 до 41 року), а у 2017 – 42,9 року (від 29 до 57 років). Культтури робінії звичайної є одними з перших, які створено на рекультивованих землях. Біологічна особливість робінії звичайної полягає в тому, що з часом вона формує ажурну крону, і завдяки азотонакопиченню під наметом у чистих культурах інтенсивно розростається трав'янистий покрив, який є не тільки конкурентом за вологу, але й сприяє виникненню низових пожеж у посушливі весняно-осінні періоди, що додатково спричинює ослаблення та погіршення росту насаджень. Тому зниження бонітету на чотири класи в таких насадженнях, за умови значного рекреаційного навантаження, можна вважати закономірним.

Найоб'єктивніше зміну лісорослинних умов у бік їхнього покращання на рекультивованих землях відображає динаміка росту насаджень дуба звичайного, де з віком збільшився середній клас бонітету, а частка площ насаджень із першим класом бонітету в 2017 р. становила 81,1 % від загальної площі насаджень дуба, порівнюючи з 23,6 % у 2000 р.

На зміну середніх класів бонітету з віком у насадженнях сосни значною мірою вплинуло інтенсивне рекреаційне навантаження (Тарнопільську 2017) та, можливо, відсутність належного лісівничого догляду, оскільки в самих матеріалах повидільної бази 2017 р. показано наявність сухостійних дерев сосни на площі 170 га.

Висновки. На рекультивованих землях переважають штучні насадження сосни звичайної – 47,3 %, робінії звичайної – 21,7 %, дуба звичайного – 11,6 % від загальної площі вкритих лісовою рослинністю ділянок. Площа робінієвих насаджень із 2000 до 2017 р. зросла на 2,5 %, клена ясенелистого – на 5,7 %, а культур сосни звичайної знизилася на 7,8 % від загальної площі насаджень відповідно, що є небажаним явищем і свідчить про погіршення рекреаційної привабливості та послаблення лісівничо-екологічних функцій лісів. За повнотою, відповідно до баз даних 2000 та 2017 рр., на рекультивованих землях переважали середньоповнотні насадження (0,6–0,7), частка яких становила відповідно 58,8 % та 62,0 %. Площа середньоповнотних насаджень (станом на 2006 р.) становила 41,2 %, а високоповнотних – 49,6 %, що стало результатом проведення лісгосподарських заходів, зокрема рубок догляду, та змін, що відбуваються в процесі розвитку самих лісових екосистем. На ґрунтосумішах із участю лесоподібних суглинків можуть формуватися суборові, сугрудові та грудові лісорослинні умови. Свіжі гігروتони займають понад 97 % площ у лісових масивах, що загалом узгоджується із лісотипологічною класифікацією лісів України.

ПОСИЛАННЯ – REFERENCES

Afforestation of quarries and dumps of mining workings. 1970. Research report (Final). URIFFM, Head: Danko V. N. No GR 68025008. Kharkiv, 218 p. (in Russian).

Brovko, F. M. 2008. Culturophytocoenoses of oak on the dumped landscapes of Dnieper upland. [Electronic resource]. Scientific Reports of NAU, 1(9): 1–9. Available at: <http://nd.nubip.edu.ua/2008-1/08bfmlph.pdf> (accessed 26.10.2020) (in Ukrainian).

Byallovich, Yu. P. 1970. On some biogeocenological foundations of the general theory of phytomelioration In: Rabotnov, T. A. (ed.). Theoretical problems of phytocenology and biogeocenology: to the 90th anniversary of the birth of academician V. N. Sukachev. Moscow, Nauka, p. 5–16.

Land Code of Ukraine. 2002. [Electronic resource]. The Act No 2768-III dated 25 October 2001. Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy, 3–4: Art. 27. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text> (accessed 26.10.2020) (in Ukrainian).

Mineral resources. Yearbook. 2018. [Electronic resource]. State Research and Production Enterprise ‘State Information Geological Fund of Ukraine’. Kyiv, 270 p. Available at: http://geoinf.kiev.ua/M_R_2018_1.pdf (accessed 26.10.2020) (in Ukrainian).

On land protection: Law of Ukraine. 2003. [Electronic resource]. The Act No 962-IV dated 19 June 2003. Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy, 39: 349. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/962-15#Text> (accessed 26.10.2020) (in Ukrainian).

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

Recommendations for biological methods for intensifying growth of forest cultures in quarries and dumps, selecting tree species and forest afforestation of interterrace areas. 1993. [Danko V. M., Tarnopilsky P. B., Choni L. I., Pasternak S. H.]. Kharkiv, URIFFM, p. 42–53 (in Ukrainian).

Strutinsky, O. V. and Tarnopilsky, P. B. 2017. Morphological and agrochemical characteristics of lithozems under forest plantations on recultivated lands in Zhytomyr Polissia. Forestry and Forest Melioration, 131: 113–123 (in Ukrainian).

Tarnopilsky, P. B. 2017. Growth and condition of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) forest plantations grown with nitrogen-fixing plants on recultivated lands. Forestry and Forest Melioration, 131: 123–135 (in Ukrainian).

Tarnopilsky, P. B. 2018. Forest planted stands of red oak (*Quercus rubra* L.) with grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench) on reclaimed lands in the Forest-Steppe. Forestry and Forest Melioration, 133: 54–64 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.33220/1026-3365.133.2018.54>.

Tarnopilsky, P. B., Malyuga, Yu. E., Gavrilenko, A. P. 2001. Growth and formation of common oak and red oak plantations on reclaimed lands. Bulletin of KSAU, 1: 178–184 (in Ukrainian).

The procedure for dividing forests into groups, assigning them to the categories of protection and allocating specially protected land plots of the forest fund. 1995. [Electronic resource]. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No 557 dated 27 July 1995. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/557-95-%D0%BF#Text> (accessed 26.10.2020) (in Ukrainian).

The procedure for dividing forests into categories and allocating specially protected forest areas. 2007. [Electronic resource]. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No 733 dated 16 May 2007. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/733-2007-%D0%BF/print> (accessed 26.10.2020) (in Ukrainian).

Ukrstat 2018. [Electronic resource]. State Statistics Service of Ukraine. Available at: https://ukrstat.org/uk/druk/publicat/kat_u/publ1_u.htm; https://ukrstat.org/uk/druk/publicat/Arhiv_u/01/Arch_ukr_zb.htm; https://ukrstat.org/uk/druk/publicat/kat_u/2019/zb/07/Ukr_cifra_2018_u.pdf (accessed 26.10.2020) (in Ukrainian).

Vorobyov, D. V. 1967. Methods of forest typology research. Kyiv, Urozhay, 388 p. (in Russian).

Tarnopilsky P. B., Zhadan I. V.

FOREST TYPOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE STANDS GROWN ON THE RECLAIMED LAND OF THE YURKIVSKY COAL STRIP MINE IN CHERKASY REGION

Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G. M. Vysotskiy

The analysis of forest conditions, species composition, origin, age structure, growth and development of forest stands on the reclaimed lands of the former Yurkivsky coal strip mine in Cherkassy Region was carried out on the basis of materials from the data bases of Ukrderzhlisproekt Production Association as of 2000, 2006, 2010 and 2017. The total area of the stands in 2017 was 631.3 hectares. These are recreational forests. Planted stands cover 579.4 hectares or 91.6% of the forests. Scots pine occupies 47.3% of the area, black locust covers 21.7%, English oak – 11.6%, maple ash – 7.2%, silver birch – 4.3%, Crimean pine – 3.3%. The general average calculated site index class is I,6; it is I,4 in Scots pine stands, I,3 in English oak stands, and I,0 in blacklocust stands. On soil mixtures with loess-like loams, relatively infertile, relatively fertile and fertile forest site types are formed: 3.2 %, 82.7% and 14.2%, respectively. Fresh hygrotopes occupy more than 97% of the forests. In general, it is consistent with the forest typological classification of forests in Ukraine.

Key words: forest reclamation, dumps, quarries, forest stands, Scots pine, forest site conditions, mensuration characteristics.

E-mail: tarnopylsky@gmail.com

Одержано редколегією 02.11.2020

ЕКОЛОГІЯ І МОНІТОРИНГ

УДК: 630.561.24

<https://doi.org/10.33220/1026-3365.137.2020.62>



**І. Ф. БУКША, Т. С. ПИВОВАР, В. П. ПАСТЕРНАК,
М. І. БУКША, О. І. ЛЯЛІН, Т. І. БУКША**

ЗАСТОСУВАННЯ МОДЕЛІ ПАТЕРСОНА ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ЗМІНИ КЛІМАТУ НА ПОТЕНЦІЙНУ ПРОДУКТИВНІСТЬ ЛІСІВ УКРАЇНИ

Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького

В умовах зміни клімату важливо отримати достовірний прогноз стану та продуктивності лісів на середньострокову та довгострокову перспективу. Наведено результати моделювання потенційної продуктивності лісів (PP) із використанням моделі (індексу) Патерсона (CVP) у базовому, сучасному кліматі та майбутніх кліматичних умовах за сценаріями RCP 4.5 та RCP 8.5 у XXI сторіччі в Україні з урахуванням лісогосподарського районування за С. А. Генсіруком. Результати моделювання проаналізовано за допомогою кореляційного аналізу отриманих значень та шляхом зіставлення з фактичною продуктивністю головних лісоутворювальних порід (дуба звичайного, сосни звичайної, ялини європейської, бука лісового, вільхи чорної та берези повислої) за середнім бонітетом і середньою зміною запасу. Виявлено значущу лінійну кореляцію обох показників для більшості порід (крім вільхи чорної та ялини європейської) з показником потенційної продуктивності за Патерсоном. Використання моделі Патерсона в умовах зміни кліматичних показників дає змогу прогнозувати динаміку потенційної продуктивності лісів в Україні у разі зміни клімату на рівні природних зон і лісогосподарських областей, проте для отримання точніших прогнозів необхідно враховувати типологічні, едафічні та морфометричні особливості лісових ділянок і вплив на лісостани біотичних чинників, зокрема шкідників та хвороб лісу.

Ключові слова: проєкт EURO-CORDEX, сценарій RCP 4.5, сценарій RCP 8.5, модель CVP, середня зміна запасу, бонітет, головні лісоутворювальні породи.

Вступ. В умовах зміни клімату важливо отримати достовірний прогноз стану та продуктивності лісів на середньострокову та довгострокову перспективу, який є необхідним для планування заходів із запобігання зміні клімату та адаптації лісів (Gebler et al. 2007). Результати метеорологічних спостережень свідчать, що середня температура в Україні за останні десять років підвищилася в різних природо-кліматичних зонах на 0,3–0,6°C, а за останні 100 років – на 0,7°C (Palamarchuk et al. 2017). Приріст деревостанів є інтегральним показником, який певним чином характеризує реакцію дерев лісових порід на зміну довкілля. Зміна клімату впливає на стійкість лісів та їхню здатність реагувати на мінливість кліматичних чинників (Shvidenko et al. 2018). В Україні тривалий час досліджують вплив клімату на ріст деревних рослин (Lakyda & Moroziuk 2011, Koval & Borysova 2019).

Кліматичні зміни призводять до значних змін біологічної продуктивності (Pasternak 2011). За останні 50 років, згідно з дослідженнями (Shvidenko et al. 2008), приріст лісів у помірному кліматі збільшувався на 0,2–0,5 % на рік. Математичне моделювання широко застосовують під час дослідження лісових екосистем, зокрема їхньої продуктивності. Методи вивчення потенційної продуктивності (Lositskiy & Chuyenkov 1980) можна розподілити на три основні групи: лісівничо-таксаційні, лісотипологічні й кліматологічні. Найпоширенішими є лісівничо-таксаційні, за допомогою яких вивчають закономірності будови й росту насаджень, що є основою подальшого моделювання цих параметрів. Такі методи застосовують для конкретних умов виростання, тоді як кліматологічні методи оцінювання можуть охоплювати великі території.

Кліматологічні методи визначення продуктивності базуються на залежності потенційної продуктивності від кліматичних факторів. Зазвичай кілька гідротермічних показників клімату комбінують в один комплексний показник, так званий кліматичний індекс приросту, який зіставляють із річним приростом деревостану. Наприклад, кліматичний індекс 'Т' Дж. Векка (Weck 1955) містить у собі/охоплює опади 'N', середню температуру повітря 'T', кількість днів із опадами до 0,1 мм 'n' протягом травня – липня, кількість днів у році з додатними температурами 'Z'.

У 1956 р. шведський вчений С. С. Патерсон розробив модель *кліматичної продуктивності рослинності CVP* (Climate Vegetation Productivity), яку розглядають як об'єктивний метод оцінювання потенційної продуктивності будь-якої лісової рослинності залежно від кліматичних чинників (Paterson 1956). Патерсон зазначав, що продуктивність лісу на ділянці визначається переважно кліматичними факторами, наприклад, сонячною радіацією, сприятливою температурою, опадами та тривалістю вегетаційного періоду в будь-яких регіонах, де сформувалися ґрунти. Модель (індекс) CVP розроблено для прогнозування максимального потенційного приросту деревини за запасом. Цей індекс часто використовують у дослідженні потенційної продуктивності лісів, зокрема в Іспанії (Benavides et al. 2009), Італії (Diodato & Bellocchi 2020), Китаї (Gao et al. 2019) із прийнятними результатами на регіональних рівнях. Для території України до теперішнього часу такі дослідження не проводили.

Мета дослідження – провести моделювання потенційної продуктивності лісів України за різних кліматичних сценаріїв та порівняти результати з фактичною продуктивністю лісоутворювальних порід у лісогосподарських областях.

Матеріали й методи. Дослідження проведено в лабораторії моніторингу і сертифікації лісів УкрНДЛГА у 2020 р. з використанням моделі (індексу) CVP Патерсона (Paterson 1956).

Основою дослідження були кліматичні дані E-OBS (для базового кліматичного періоду 1961–1990 рр. та сучасного клімату 1990–2010 рр.) та регіональні кліматичні моделі проєкту EURO-CORDEX (EURO-CORDEX) для майбутнього клімату за новітніми сценаріями зміни клімату RCP 4.5 та RCP 8.5. Для території України сформовано віртуальну мережу з понад 7 тисяч ділянок, для кожної з яких наведено кліматичні дані (минулих часових періодів і прогнозів на період до 2100 р.). Зміни клімату та характеристики лісів вивчали в регіональному аспекті – в межах лісогосподарських областей за С. А. Генсіруком (Gensiruk et al. 1981). Засобами Q-GIS побудовано карти динаміки (рис. 1) потенційної продуктивності за Патерсоном для базового кліматичного періоду, сучасного клімату та двох кліматичних сценаріїв (RCP 4.5 та RCP 8.5) для таких часових періодів: 2021–2040 рр., 2041–2060 рр., 2081–2100 рр. Зміни показника оцінювали відносно базової кліматичної норми 1961–1990 рр.

Індекс CVP Патерсона обраховували за формулою (1):

$$CVP = \frac{V \times P \times G \times E}{A \times 12} \quad (1)$$

де V – максимальна середня температура найтеплішого місяця, °C;

P – річна сума опадів, мм;

G – тривалість вегетаційного сезону, місяців;

E – коефіцієнт інсоляції – сонячна радіація, отримана на полюсі, виражена у відсотках від отриманої радіації на широті місця дослідження;

A – різниця між середньою місячною, максимальною та мінімальною температурами, °C.

Тривалість вегетаційного сезону (G , місяців) оцінювали згідно з критерієм (Benavides et al. 2009, Diodato & Bellocchi 2020, Rahman & Akter 2015), за яким вегетаційний сезон містить/охоплює лише місяці із середньою температурою від 6°C і достатньою кількістю опадів (значення індексу де Мартона (I , мм/°C), що визначається за формулою (2), вище 20).

$$I = \frac{12 \times P}{T + 10} \quad (2)$$

де P – сумарна кількість опадів за місяць, мм;

T – середня місячна температура, °C.

Закордонні дослідження (Benavides et al. 2009, Diodato & Bellocchi 2020) показали доцільність заміни коефіцієнта інсоляції E на показник f (Gandullo 1994), який краще відображає порівняно невеликий просторовий масштаб досліджень. Показник f урахував фактичну інсоляцію через n_{sun} ; його розраховують за формулою (3):

$$f = \frac{2500}{(n_{\text{sun}} + 1000)} \quad (3)$$

де n_{sun} – річна тривалість сонячного сйва, годин.

Потенційну продуктивність PP ($\text{м}^3 \text{га}^{-1} \text{рік}^{-1}$) розраховували за допомогою рівняння (4), розробленого Патерсоном (Paterson 1956) та перевіреного іншими дослідниками (Benavides et al. 2009, Gao et al. 2019 та ін.).

$$PP = 5,20 \log CVP - 7,25 \quad (4)$$

де PP – максимальний потенційний середній річний приріст деревостанів за запасом ($\text{м}^3 \text{га}^{-1} \text{рік}^{-1}$), або потенційна продуктивність.

Мінімальні, максимальні та середні значення показників наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Кліматичні показники, що увійшли до моделі, та їхні значення

Показник	Мінімум	Максимум	Середнє
Максимальна середня температура найтеплішого місяця (V , °C)	13,53	29,28	21,80
Річна сума опадів (P , мм)	340,18	1 157,67	607,66
Тривалість вегетаційного сезону (G , місяців)	0,00	9,00	5,52
Показник інсоляції Гандулло-Серрада (f)	0,71	0,95	0,85
Різниця між середньою місячною, максимальною та мінімальною температурами (A , °C)	19,57	28,34	23,75
Індекс Патерсона (CVP)	0,00 25,68**	685,28	236,98

**Значення $CVP = 25,68$ є мінімальним для застосованої моделі потенційної продуктивності (значення $PP > 0$). При $CVP \leq 25,68$ значення PP умовно взято за 0.

Для Південного степу – у степовій частині Кримського півострова та у Причорномор'ї – значення показника тривалості вегетаційного сезону G дорівнювало 0, оскільки протягом усіх місяців рівень зволоження за індексом де Мартона був низьким, а відтак індекс CVP також мав нульове значення. У зв'язку із цим неможливо було розрахувати потенційну продуктивність PP для цих територій, і вони одержали значення $PP = 0$. Виявилось, що значення $CVP = 25,68$ є граничним для застосованої моделі. Значення потенційної продуктивності при $CVP \leq 25,68$ умовно дорівнює 0.

Результати моделювання потенційної продуктивності перевірено шляхом кореляційного аналізу із середньою зміною запасу головних лісоутворювальних порід за даними обліку лісів на рівні лісогосподарських областей України (Gensiruk et al. 1981). Потенційну продуктивність вз фактичною порівнювали для семи найпоширеніших лісоутворювальних порід в Україні: сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.), дуба звичайного (*Quercus robur* L.) вегетативного та насінневого походження, бука лісового (*Fagus silvatica* L.), ялини європейської (*Picea abies* (L.) Karst.), берези повислої (*Betula pendula* Roth), вільхи чорної (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) та граба звичайного (*Carpinus betulus* L.).

Із метою оцінювання фактичної продуктивності лісів узагальнено середні лісотаксаційні показники досліджених лісоутворювальних порід для 297 лісогосподарських підприємств і семи лісогосподарських областей (дані повидільної бази даних «Лісовий фонд» станом на 01.01.2011). До аналізу включено всі деревостани, в яких були наявні досліджені деревні породи – від трьох одиниць у складі й вище. Запас деревостанів перераховували на чисті деревостани (за часткою породи у складі) і розраховували середньозважений середній запас на гектарі, середньозважений вік деревостанів за породами, середньозважений клас бонітету

та середню зміну запасу як результат ділення середнього запасу на гектарі на середній вік деревостану.

Статистичний аналіз виконано за допомогою програми IBM SPSS Statistics.

Результати та обговорення. Узагальнені результати розрахунку потенційної продуктивності (PP) за Патерсоном (Paterson 1956) за сценаріями зміни клімату в лісогосподарських областях України наведено в таблиці 2 та на рисунку 1. Різниця даних за зазначеними сценаріями в межах кожної лісогосподарської області виявилася достовірною ($p < 0,01$).

Таблиця 2

Значення середньої потенційної продуктивності лісостанів у лісогосподарських областях, $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$

Часовий період/сценарій	Карпати	Полісся	Право-бережний Лісостеп	Лівобережний Лісостеп	Гірський Крим	Північний Степ	Південний Степ	Україна
1961–1990	$5,81 \pm 0,05$	$4,93 \pm 0,01$	$4,57 \pm 0,09$	$3,59 \pm 0,21$	$2,46 \pm 0,51$	$2,00 \pm 0,11$	$0,19 \pm 0,07$	$3,96 \pm 0,1$
1991–2010	$5,78 \pm 0,05$	$5,23 \pm 0,02$	$5,03 \pm 0,08$	$4,43 \pm 0,07$	$3,39 \pm 0,29$	$2,46 \pm 0,22$	$0,14 \pm 0,06$	$4,32 \pm 0,1$
RCP 4.5 2021–2040	$6,08 \pm 0,04$	$5,51 \pm 0,02$	$5,26 \pm 0,08$	$4,69 \pm 0,05$	$3,91 \pm 0,26$	$2,98 \pm 0,21$	$0,39 \pm 0,13$	$4,62 \pm 0,1$
RCP 4.5 2041–2060	$6,16 \pm 0,04$	$5,48 \pm 0,03$	$5,21 \pm 0,09$	$4,59 \pm 0,06$	$3,90 \pm 0,24$	$2,35 \pm 0,19$	$0,54 \pm 0,18$	$4,53 \pm 0,1$
RCP 4.5 2081–2100	$6,29 \pm 0,04$	$5,49 \pm 0,03$	$5,18 \pm 0,11$	$4,19 \pm 0,09$	$4,12 \pm 0,20$	$2,17 \pm 0,17$	$0,91 \pm 0,18$	$4,51 \pm 0,1$
RCP 8.5 2021–2040	$6,09 \pm 0,04$	$5,46 \pm 0,02$	$5,23 \pm 0,07$	$4,65 \pm 0,05$	$3,55 \pm 0,28$	$2,62 \pm 0,22$	$0,27 \pm 0,12$	$4,53 \pm 0,1$
RCP 8.5 2041–2060	$6,29 \pm 0,04$	$5,54 \pm 0,03$	$5,11 \pm 0,1$	$4,61 \pm 0,05$	$3,74 \pm 0,28$	$2,41 \pm 0,22$	$0,56 \pm 0,15$	$4,55 \pm 0,1$
RCP 8.5 2081–2100	$7,00 \pm 0,05$	$6,55 \pm 0,04$	$6,17 \pm 0,1$	$5,31 \pm 0,09$	$4,02 \pm 0,14$	$3,18 \pm 0,12$	$1,48 \pm 0,17$	$5,42 \pm 0,1$

Виявлено, що в базовому кліматичному періоді (1961–1990 рр.) лісогосподарські області достовірно різнилися за потенційною продуктивністю: з максимумом у Карпатах ($5,8 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$) і мінімумом у Південному Степу ($0,2 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$), середня потенційна продуктивність у країні становила близько $4 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$.

За значенням потенційної продуктивності лісостанів лісогосподарські області утворюють такий ряд у міру зменшення продуктивності: Карпати, Полісся, Правобережний Лісостеп, Лівобережний Лісостеп, Гірський Крим, Північний Степ, Південний Степ.

Як зазначено в методиці, у Південному Степу була наявна значна територія з нульовою потенційною продуктивністю внаслідок існування дефіциту вологи протягом вегетаційного сезону, що створює несприятливі умови для лісової рослинності.

Розрахунки, проведені для сучасного клімату (1991–2010 рр.), показали, що, порівнюючи з базовим кліматичним періодом, відбулося збільшення середнього значення потенційної продуктивності лісів для країни (на $0,3 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$). Для лісогосподарських областей відзначено збільшення потенційної продуктивності в рівнинній частині України (до $5,2 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$ у Поліссі, до $5 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$ у Правобережному Лісостепу та до $4,4 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$ у Лівобережному Лісостепу) за винятком Південного степу, де відбулося зменшення значень показника від $0,19$ до $0,14 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$. Продуктивність лісів у Карпатах у сучасному кліматі змінилася несуттєво.

За результатами моделювання потенційної продуктивності лісів за обома кліматичними сценаріями виявлено (див. табл. 2) тенденцію до продовження поступового росту потенційної продуктивності лісів, проте характер змін залежатиме від сценарію та часового періоду. Виявлені тенденції триватимуть: до середини сторіччя потенційна продуктивність за RCP 4.5 зросте відносно базового кліматичного періоду на 14,4 %, за RCP 8.5 – на 14,9 %.

Так, за RCP 8.5 значення PP зростатиме протягом сторіччя в усіх лісогосподарських областях: загалом для України в найближчому майбутньому та в середині сторіччя PP

становитиме $4,5 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$, а наприкінці сторіччя сягне $5,4 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$. Суттєві зміни очікуються, зокрема, в Південному Степу, однак для більшості періодів буде характерною низька продуктивність лісів у регіоні внаслідок дефіциту вологості. Суттєве збільшення потенційної продуктивності лісів за сценарієм на кінець сторіччя пов'язане як із істотним зростанням температури повітря та збільшенням рівня опадів, так і зі збільшенням тривалості вегетаційного сезону (за рахунок зменшення морозного періоду).

За кліматичним сценарієм RCP 4.5 значення PP також зростатимуть, проте меншою мірою: найбільші зміни прогнозують у найближчому майбутньому (PP = 4,6 для України), потім потенційна продуктивність дещо знизиться (до $4,5 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$), але ці значення будуть більшими, ніж у базовому чи сучасному кліматі. За лісогосподарськими областями найбільші зміни відбудуться в Карпатах, Гірському Криму та Південному Степу.

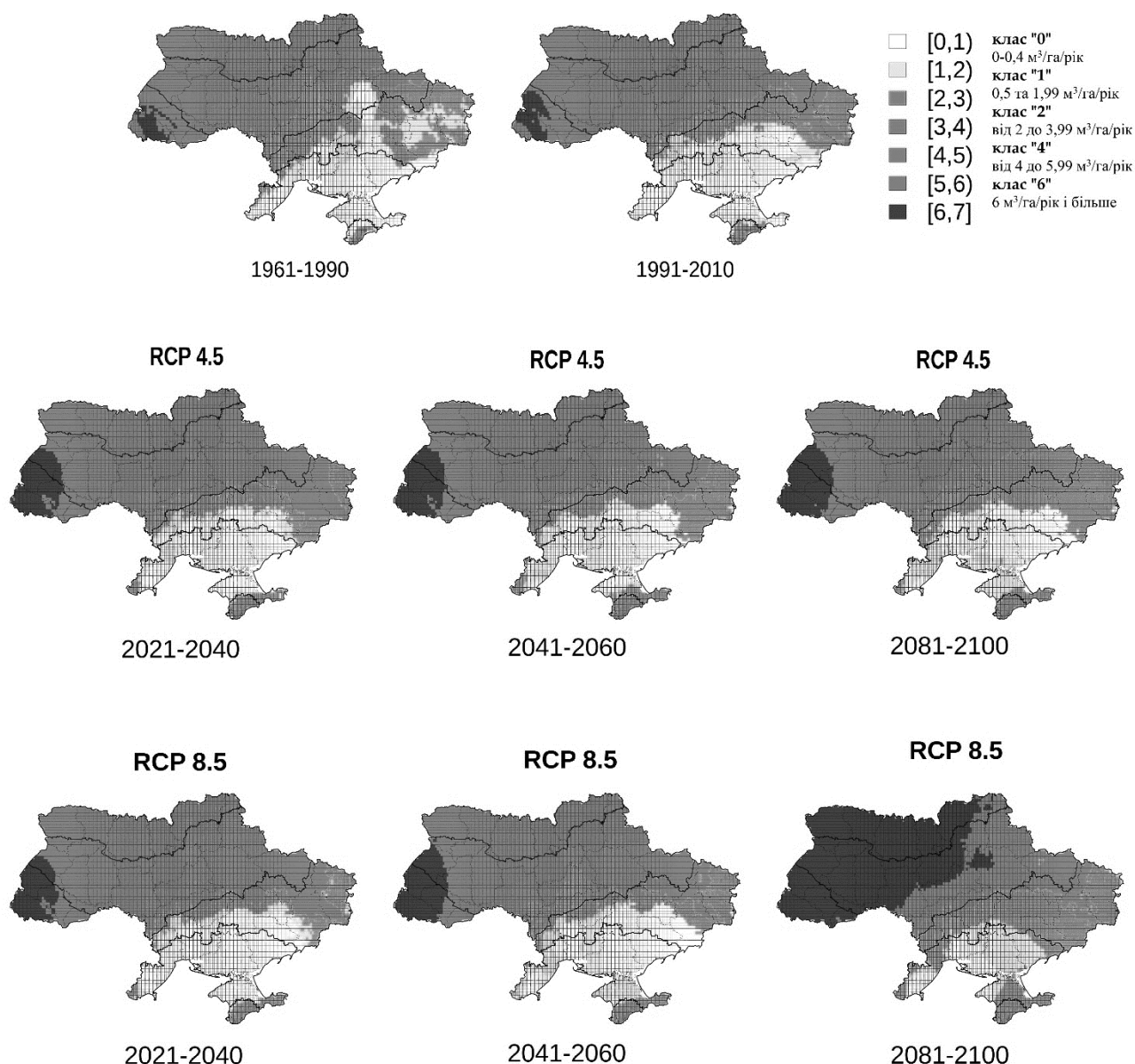


Рис.1 – Динаміка потенційної продуктивності лісів (PP) за різних сценаріїв зміни клімату, $\text{м}^3 \text{га}^{-1} \text{рік}^{-1}$

З метою здійснення просторового аналізу динаміки змін PP за площею виділено такі класи: «0» – із дуже низькою продуктивністю (значення PP знаходяться в межах $0,0\text{--}0,4 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$), «1» – із низькою продуктивністю (від $0,50$ до $1,99 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$), «2» –

середньо-продуктивні ($2,00\text{--}3,99 \text{ м}^3\cdot\text{га}^{-1}\cdot\text{рік}^{-1}$), «4» – продуктивні (від $4,00$ до $5,99 \text{ м}^3\cdot\text{га}^{-1}\cdot\text{рік}^{-1}$), «6» – високопродуктивні (від $6 \text{ м}^3\cdot\text{га}^{-1}\cdot\text{рік}^{-1}$ і більше).

Аналіз просторової динаміки показника РР виявив, що в базовому періоді (1961–1990 рр.) та сучасному кліматі в Південному Степу розташована зона класу «0» (близько 7 % території країни). У сучасному кліматі відзначено зменшення площ класів «1» та «2» на 2,3 і 8,5 %, які становлять 15,3 і 16,0 % території відповідно. Більш продуктивний за показником РР клас «4» збільшився на 9,4 %, охопивши тим самим 58,5 % території країни. Найпродуктивніший клас «6», який зафіксований у Карпатах, зріс за площею поширення вдвічі та становить 3,0 % загальної площі території України.

Аналіз динаміки РР за сценарієм RCP 4.5 виявив, що впродовж 2021–2100 рр. площі класу «0» зменшаться від 4,2 до 1,2 %, причому зростуть площі класів «1» на 5,5 % (від 14,0 до 19,5 %) і «2» на 11,4 % (від 13,6 до 25,0 %). Відповідно клас «4» зменшиться на 16,8 % (від 62,1 до 45,3 %). При цьому найпродуктивніший клас «6» матиме сталу тенденцію до зростання впродовж усіх трьох часових періодів і збільшиться на 2,8 % (від 6,1 до 8,9 %).

За сценарієм RCP 8.5 до кінця сторіччя в межах України класу «0» не залишиться взагалі, його замінить клас «1», який зменшиться на 5,5 % (від 17,2 до 11,7 %). Суттєво – на 35,9 % (від 60,0 до 21,4 %) – зменшиться й площа класу «4». При цьому площа класу «2» зросте на 10,5 % (від 11,8 до 22,3 %), а найбільш суттєво зросте площа класу «6» – на 35,8 % (від 6,0 до 41,8 %).

Аналогічну тенденцію до збільшення значень потенційної продуктивності за цими кліматичними сценаріями виявили дослідження в Італії (Diodato & Bellocchi 2020), Іспанії (Benavides et al. 2009), Китаї (Gao et al. 2019) та Бангладеш (Rahman & Akter 2015).

Згідно з даними зарубіжних досліджень (Kaufmann et al. 2011, Woolf et al. 2016), збільшення температури та концентрації CO_2 призводить до зростання активності фотосинтезу, проте такий позитивний ефект нівелюють катастрофічні наслідки від збільшення частоти та інтенсивності лісових пожеж, появи осередків шкідників і хвороб, посилення негативних наслідків для лісів унаслідок впливу посух та екстремальних погодних явищ.

Показник бонітет лісу (від лат. *bonitas* – доброякісність) – це опосередкований показник продуктивності насаджень, що визначають за шкалами, які проф. М. М. Орлов ще на початку ХХ століття запропонував на основі походження (насіннєве й вегетативне), віку та середньої висоти насадження (Myroniuk et al. 2017).

У таблицях 3 та 4 наведено результати розрахунків фактичної продуктивності деревостанів основних лісоутворювальних порід України для лісогосподарських областей за даними лісовпорядкування. Ці результати надалі використано для порівняння з даними потенційної продуктивності.

За середніми значеннями класу бонітету всіх порід лісогосподарські області можна розмістити в такий ряд у міру зменшення показника: Карпати, Правобережний Лісостеп, Полісся та Лівобережний Лісостеп, Північний Степ, Південний Степ, Гірський Крим.

Виявлено, що для таких лісогосподарських областей, як Карпати, Полісся, Правобережний і Лівобережний Лісостеп, середній клас бонітету деревостанів вищеназваних порід у межах ареалу становить I,8 і вище, за винятком дуба звичайного вегетативного походження (II клас бонітету і нижче). Через різноманітні едафічні умови та біологічні особливості порід у Північному Степу насадження ростуть як за I,6 (сосна звичайна), так і за II класом бонітету (береза повисла, вільха чорна, граб звичайний та дуб звичайний насіннєвого походження). Південний Степ через посушливі умови є менш придатним для росту деревних порід, а відтак і класи бонітету тут є дещо нижчими: у вільхи чорної та сосни звичайної це II,8, а в граба звичайного та дуба звичайного – нижчі за III клас. Втім варто відзначити доволі високий I,7 бонітет деревостанів берези повислої, але поясненням того можуть бути локальні сприятливі умови для цієї породи, що сформувалися на незначних площах. Деревостани дуба звичайного вегетативного походження як в умовах Північного,

так і Південного Степу ростуть переважно за III класом бонітету. Умови Гірського Криму для всіх порід, окрім ялини європейської, забезпечили продуктивність на рівні III класу з невеликими відмінностями.

Таблиця 3

Середній клас бонітету деревостанів досліджених порід за лісогосподарськими областями

Деревні породи*	Лісогосподарська область							Україна
	Карпати	Полісся	Право-бережний Лісостеп	Лівобережний Лісостеп	Гірський Крим	Північний Степ	Південний Степ	
Бкл	Ia,9 ± 0,06	I,4 ± 0,11	Ia,6 ± 0,06	–	III,3 ± 0,10	–	–	I,0 ± 0,04
Бп	I,4 ± 0,06	I,7 ± 0,05	I,2 ± 0,05	I,0 ± 0,07	III,7 ± 0,16	II,1 ± 0,07	I,7 ± 0,12	I,6 ± 0,02
Влч	I,7 ± 0,06	I,8 ± 0,05	I,3 ± 0,05	I,2 ± 0,07	III,0 ± 0,17	II,2 ± 0,08	II,8 ± 0,11	I,7 ± 0,03
Гз	I,4 ± 0,06	I,8 ± 0,04	I,4 ± 0,04	I,2 ± 0,09	III,9 ± 0,10	II,2 ± 0,09	III,6 ± 0,26	I,6 ± 0,03
Дз, вег.	II,6 ± 0,07	II,0 ± 0,04	II,3 ± 0,04	II,1 ± 0,06	III,5 ± 0,12	III,3 ± 0,04	III,2 ± 0,07	II,4 ± 0,02
Дз, нас.	I,4 ± 0,06	I,8 ± 0,04	I,5 ± 0,04	I,6 ± 0,06	III,7 ± 0,14	II,8 ± 0,05	III,2 ± 0,06	I,6 ± 0,02
Сз	Ia,6 ± 0,06	I,4 ± 0,04	Ia,9 ± 0,04	I,1 ± 0,05	III,7 ± 0,11	I,6 ± 0,05	II,8 ± 0,08	I,3 ± 0,02
Ялє	I,0 ± 0,06	Ia,9 ± 0,05	Ia,6 ± 0,04	Ia,7 ± 0,07	–	–	–	I,0 ± 0,03
Всі породи	I,1 ± 0,02	I,5 ± 0,02	I,3 ± 0,02	I,5 ± 0,02	III,6 ± 0,05	II,4 ± 0,02	II,6 ± 0,04	I,5 ± 0,01

*Бкл – бук лісовий, Бп – береза повисла, Влч – вільха чорна, Гз – граб звичайний, Дз – дуб звичайний, Сз – сосна звичайна, Ялє – ялина європейська; вег. – вегетативне походження, нас. – насіннєве походження.

Серед досліджених деревних порід найвищий I клас бонітету мають деревостани ялини звичайної та бука лісового. Дещо нижчу, але доволі високу продуктивність на рівні I,3–I,7 бонітету мають сосна звичайна, береза повисла, граб звичайний, вільха чорна. І лише дуб звичайний вегетативного походження характеризується, порівнюючи з іншими породами, нижчим (II,4) класом бонітету.

Зміна запасу – величина, на яку змінюється значення запасу частини деревостану, що росте (Мугопніук et al. 2017). У цій роботі ми досліджували середню річну зміну запасу ($\Delta^{\circ}M$) вищеназваних основних лісоутворювальних деревних порід. Значення цього показника для всієї території України становило $4,0 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ за рік (табл. 4), що цілком відповідає отриманій потенційній продуктивності для України (див. табл. 2) за період кліматичної норми, за якої росли більшість лісів України.

Таблиця 4

Середня річна зміна запасу головних лісових порід за лісогосподарськими областями, $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ за рік

Породи*	Лісогосподарська область							Україна
	Карпати	Полісся	Правобережний Лісостеп	Лівобережний Лісостеп	Гірський Крим	Північний Степ	Південний Степ	
Бкл	4,2 ± 0,1	2,5 ± 0,6	3,9 ± 0,1	–	2,4 ± 0,2	–	–	4,1 ± 0,1
Бп	3,8 ± 0,1	3,6 ± 0,1	3,7 ± 0,1	3,9 ± 0,1	1,6 ± 0,3	3,0 ± 0,1	2,6 ± 0,2	3,7 ± 0
Влч	3,3 ± 0,1	3,7 ± 0,1	3,9 ± 0,1	4,3 ± 0,1	2,5 ± 0,4	3,5 ± 0,2	3,0 ± 0,2	3,8 ± 0,1
Гз	3,5 ± 0,1	3,4 ± 0,1	3,6 ± 0,1	3,2 ± 0,1	1,9 ± 0,2	2,8 ± 0,2	2,2 ± 0,5	3,5 ± 0
Дз, вег.	2,4 ± 0,1	3,4 ± 0,1	2,8 ± 0,1	3,0 ± 0,1	1,1 ± 0,2	2,3 ± 0,1	1,5 ± 0,1	2,8 ± 0
Дз, нас.	3,2 ± 0,1	3,1 ± 0,1	3,5 ± 0,1	3,5 ± 0,1	2,1 ± 0,4	2,3 ± 0,1	1,8 ± 0,1	3,3 ± 0
Сз	5,5 ± 0,2	4,5 ± 0,1	5,1 ± 0,1	5,0 ± 0,1	2,3 ± 0,4	4,6 ± 0,1	3,5 ± 0,2	4,7 ± 0,1
Ялє	5,5 ± 0,2	5,4 ± 0,1	5,5 ± 0,1	6,1 ± 0,2	–	–	–	5,5 ± 0,1
Всі породи	4,6 ± 0,1	4,1 ± 0,1	3,9 ± 0,1	4,0 ± 0,1	2,1 ± 0,3	3,0 ± 0,1	2,6 ± 0,2	4,0 ± 0

*Бкл – бук лісовий, Бп – береза повисла, Влч – вільха чорна, Гз – граб звичайний, Дз – дуб звичайний, Сз – сосна звичайна, Ялє – ялина європейська; вег. – вегетативне походження, нас. – насіннєве походження.

Зазначимо, що з досліджуваного переліку деревних порід ялина європейська та бук лісовий представлені не в усіх лісогосподарських областях, ростуть у максимально сприятливих для них умовах і мають вищі за середнє по країні значення $\Delta^{\circ}M$ 5,5 та $4,1 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ за рік відповідно. Серед інших порід, що представлені в усіх лісогосподарських областях,

єдиною породою, що перевершила середнє значення по країні, є сосна звичайна ($\Delta^c M = 4,7 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ за рік). Найнижчий показник виявлено у дуба звичайного вегетативного походження – $2,8 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ за рік.

Серед лісогосподарських областей найвищі значення середньої зміни запасу для всіх порід визначено в Карпатах і Поліссі ($4,6$ і $4,1 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ за рік відповідно), і ці значення є меншими, ніж потенційна продуктивність у цих регіонах у 1961–1990 рр. (див. табл. 2). Тотожним виявилось значення для Лівобережного Лісостепу – $4,0 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ за рік, і дещо меншим для Правобережного Лісостепу – $3,9 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ за рік. Суттєво, майже вдвічі, нижчими виявилися значення середньої зміни запасу на півдні країни: у Південному Степу ($2,6 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ за рік) та Гірському Криму ($2,1 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ за рік).

Найвищі значення середньої зміни запасу в умовах Карпат, Полісся, Лівобережного та Правобережного Лісостепу виявлено в ялини європейської ($5,4$ – $6,1 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ за рік) та сосни звичайної ($4,5$ – $5,5 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ за рік). У Гірському Криму найвищі показники виявлено для вільхи чорної ($2,5 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ за рік) та бука лісового ($2,4 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ за рік). В умовах Степу найбільшою продуктивністю характеризуються насадження сосни звичайної ($3,5$ – $4,6 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ за рік) та вільхи чорної ($3,0$ – $3,5 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ за рік).

На рівні лісогосподарських підприємств проведено кореляційний аналіз між показниками потенційної продуктивності за кліматичними даними за період 1961–1990 рр. та показниками фактичної продуктивності деревостанів (табл. 5).

Таблиця 5

**Результати кореляційного аналізу даних потенційної продуктивності (PP)
за кліматичними даними (1961–1990 рр.) та фактичними показниками
середнього значення бонітету та середньої річної зміни запасу досліджуваних порід**

Коефіцієнт кореляції	Дз, вег.	Дз, нас.	Бкл	Бп	Влч	Гз	Сз	Ялє
PP та бонітет	-0,653**	-0,740**	-0,520**	-0,094	-0,165*	-0,448**	-0,589**	-0,059
PP та середня річна зміна запасу	0,519**	0,668**	0,352**	0,283**	0,026	0,381**	0,452**	0,008

Примітки: Дз, вег. – дуб звичайний вегетативного походження; Дз, нас. – дуб звичайний насінневого походження; Бкл – бук лісовий, Бп – береза повисла, Влч – вільха чорна, Гз – граб звичайний, Сз – сосна звичайна, Ялє – ялина європейська.

*Значущі при $P = 0,05$;

**Значущі при $P = 0,01$.

Виявлено значущий негативний зв'язок (див. табл. 5) середньозваженого класу бонітету з потенційною продуктивністю для всіх досліджуваних порід, окрім берези повислої та ялини європейської. У зв'язку з тим, що для середнього класу бонітету, який у міру збільшення його величини означає погіршення умов росту лісової породи, негативний кореляційний зв'язок свідчить про покращення умов (зменшення значення бонітету) зі збільшенням значень кліматичного показника, і навпаки – позитивний зв'язок свідчить про погіршення умов зі збільшенням значень кліматичного показника.

Показано значущу лінійну кореляцію середньої зміни запасу більшості порід (крім вільхи чорної та ялини європейської) залежно від показника потенційної продуктивності за Патерсоном. Найбільший коефіцієнт кореляції зі зміною запасу виявлено для дуба звичайного, що має насіннєве походження. Позитивний зв'язок свідчить про збільшення середньої зміни запасу в міру зростання показника потенційної продуктивності.

Значні кореляційні зв'язки потенційної продуктивності з біологічною продуктивністю було отримано в дослідженні китайських вчених (Gao et al. 2019).

Проте необхідно враховувати, що фактична продуктивність деревостанів залежить від ґрунтово-кліматичних умов, а також впливу екзогенних (зовнішніх) та ендегенних (внутрішніх) факторів, таких як антропогенні чинники, стихійні явища, біотичні пошкодження внаслідок спалахів осередків шкідників і хвороб лісу, вплив яких суттєво збільшиться у разі підвищення рівня температурного режиму та зростання посушливості

клімату. Слід зазначити, що прогнозоване зростання продуктивності є розрахунковим і не враховує умов місцезростання, рельєфу, вологості та багатства ґрунтів, рівнів засоленості, мікрокліматичних особливостей, тому для більшої достовірності отримані прогнози слід доповнити даними відповідних досліджень на локальному рівні.

Наші попередні дослідження показали, що прогнозовані кліматичні умови загалом будуть несприятливими для основних лісоутворювальних деревних порід (Shvidenko et al. 2018) у зв'язку з можливими порушеннями гомеостазу в результаті кліматичних змін та дисбалансу в динамічній рівновазі лісових екосистем, тому передчасно робити однозначні висновки щодо очікуваних змін у продуктивності лісостанів лише на підставі проведеного моделювання з допомогою індексу Патерсона. Необхідні подальші дослідження з метою вивчення впливу на динаміку продуктивності деревостанів комплексу факторів – як кліматичних, так і біотичних та едафічних.

Висновки. Проведені визначення показника потенційної продуктивності лісів за моделлю (індексом) Патерсона дали змогу виявити закономірності динаміки продуктивності лісів залежно/відповідно до лісогосподарських областей та природних зон України для минулого, сучасного та майбутніх часових періодів. Порівнюючи з базовим кліматичним періодом 1961–1990 рр., у сучасному кліматі збільшилися значення потенційної продуктивності – в середньому на $0,3 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$ (на 7,5 %). За обома сценаріями зміни клімату (RCP 4.5 та RCP 8.5), тенденція до збільшення потенційної продуктивності існуватиме і в майбутньому, проте характер змін буде різним залежно від сценарію та часового періоду: до середини сторіччя за сценарієм RCP 4.5 потенційна продуктивність зросте на 14,4 %, за сценарієм RCP 8.5 – на 14,9 % відносно базового кліматичного періоду; наприкінці сторіччя ці зміни становитимуть 13,9 та 36,9 % відповідно.

Виявлено значущу лінійну кореляцію показників фактичної продуктивності лісів (середнього класу бонітету та середньої зміни запасу) для більшості досліджених порід (крім вільхи чорної та ялини європейської) з показником потенційної продуктивності за Патерсоном для базового кліматичного періоду 1961–1990 рр.

Використання індексу Патерсона в умовах зміни кліматичних показників дає можливість прогнозувати динаміку потенційної продуктивності лісів в Україні внаслідок зміни клімату на рівні природних зон та лісогосподарських областей, проте для отримання більш точних прогнозів (наприклад, для окремих лісогосподарських підприємств) необхідно враховувати типологічні, едафічні та морфометричні особливості лісових ділянок, а також комплекс біотичних факторів, які суттєво впливають на стан і продуктивність лісів на локальному рівні.

Подяка. Автори статті висловлюють подяку Світовому банку за підтримку дослідження «Оцінка впливу, можливостей та пріоритетів зміни клімату в Україні», завдяки якому було отримано доступ до кліматичних даних, що використані під час підготування цієї публікації. Також автори вдячні канд. фіз.-мат. наук с. н. с. С. В. Краковській (зав. лабораторії прикладної кліматології Українського гідрометеорологічного інституту ДСНС України та НАН України) за консультування та допомогу під час оброблення та аналізування кліматичних даних.

ПОСИЛАННЯ – REFERENCES

- Benavides, R., Roig, S., Osoro, K. 2009. Potential productivity of forested areas based on a biophysical model. A case study of a mountainous region in northern Spain. *Annals of Forest Science*, 66 (1):1. DOI: 10.1051/forest/2008080.
- Diodato, N. and Bellocchi, G. 2020. Spatial probability modelling of forest productivity indicator in Italy. *Ecological Indicators*, Elsevier, 108: 105721. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105721>.
- Gao, W-Q., Lei, X.-D., Fu, L.-Y. 2019. Impacts of climate change on the potential forest productivity based on a climate-driven biophysical model in northeastern China. *J. For. Res.*, 31: 2273–2286. <https://doi.org/10.1007/s11676-019-00999-6>.
- Gandullo, J. M., 1994. *Climatología y Ciencia del Suelo*, Universidad Politécnica de Madrid, Fundación Conde del Valle de Salazar, Madrid.

Gebler, A., Keitel, C., Kreuzwieser, J. [et al.]. 2007. Potential risks for European beech (*Fagus sylvatica* L.) in a changing climate (Review). *Trees-Structure and Function*, 21(1): 1–11.

Gensiruk, S. A., Shevchenko, S. V., Bondar, V. S. et al. 1981. Integrated forestry zoning of Ukraine and Moldova. Kyiv, Naukova dumka, 360 p. (in Russian).

Kaufmann, R. K., Kauppi, H., Mann M. L., Stock, J. H. 2011. Reconciling Anthropogenic Climate Change with Observed Temperature 1998–2008. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(29): 11790–11793. DOI: 10.1073/pnas.1102467108.

Koval, I. M. and Borysova, V. L. 2019. Ash radial growth response to climate change in the stands of Left bank forest-steppe. *Scientific Bulletin of UNFU*, 2: 56–57 (in Ukrainian).

Lakyda, P. I. and Moroziuk, O. V. 2011. Cherkasy region forests: bioproductivity and dynamics. *Korsun-Shevchenkivskiy*, 222 p. (in Ukrainian).

Lositskiy, K. B. and Chuyenkov, V. S. 1980. Reference forest stands. Moscow, Lesnaya promyshlennost, 192 p. (in Russian).

Myronyuk, V. V., Svinchuk, V. A., Lyalin, O. I. 2017. Synopsis of lectures on the subject 'Forest Taxation. Kharkiv, O. M. Beketov NUUE, 99 p. (in Ukrainian).

Rahman, M. S. and Akter, S. 2015. Climate to Forest Productivity: Implication of Paterson's CVP Index. *Research Journal of Forestry* 9 (2): 27–34. DOI: 10.3923/rjf.2015.27.34.

Palamarchuk, L. V., Hnatiuk, N. V., Krakovska, S. V., Shedemenko, I. P., Diukel, H. O. 2010. Seasonal climate change in Ukraine in XXI century. *Scientific works of the Ukrainian Research Hydrometeorological Institute*, 259: 104–120 (in Ukrainian).

Pasternak, V. P. 2011. Bioproductivity of forests of the northeast of Ukraine in the context of climate change. Extended abstract of Doctoral thesis. Kyiv, 46 p.

Paterson, S. S. 1956. The forest area of the world and its potential productivity. Doctoral thesis. Göteborg, Goteburg University Press, Sweden.

Shvidenko, A. Z., Buksha, I. F., Krakovska, S. V. 2018. Vulnerability of Ukranian forests to climate change. Kyiv, Nika-Center, 184 p.

Shvidenko, A. Z., Shchepashchenko, D. G., Nilsson S., Buluy, Yu. I. 2008. Tables and models of growth and productivity of forests of major forest forming species of Northern Eurasia (standard and reference materials). 2nd Ed. Moscow, Federal Agency of Forest Management, 886 p.

Weck, J. 1955. Forstliche Zuwachs und Ertragskunde. Radebeul und Berlin, Neumann Verlag, 160 s.

Woolf, D. K., Land, P. E., Shutler, J. D., Goddijn-Murphy, L. M., Donlon, C. J. 2016. On the calculation of air-sea fluxes of CO₂ in the presence of temperature and salinity gradients. *J. Geophys. Res. Oceans*, 121: 1229–1248. <https://doi.org/10.1002/2015JC011427>.

Buksha I. F., Pyvovar T. S., Pasternak V. P., Buksha M. I., Lialin O. I., Buksha T. I.

APPLICATION OF THE PATERSON MODEL TO ASSESS CLIMATE CHANGE IMPACT ON THE POTENTIAL PRODUCTIVITY OF UKRAINIAN FORESTS

Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest melioration named after G. M. Vysotsky

In the changing climate, it is essential to obtain a reliable forecast of the condition and productivity of forests in medium and long terms. The results of modelling the potential productivity of forests (PP) using the Paterson model/index (CVP) in the baseline, current climate and future climate according to the RCP 4.5 and RCP 8.5 scenarios in the 21st century in Ukraine are presented in terms of forest zoning according to Gensiruk. To verify the simulation results, a correlation analysis of the obtained values was performed. The simulation results were compared with the actual productivity of the main forest-forming species (English oak, Scots pine, Norway spruce, European beech, black alder, and silver birch) according to the indicators of average site index (bonitet) and an average stock change. A significant linear correlation of both indicators for most species, except black alder and Norway spruce, with the Paterson potential productivity index is shown.

The use of the Paterson index in the context of changing climatic indicators allows predicting the dynamics of potential forest productivity in Ukraine during climate change at the level of natural zones and forestry areas. However, to obtain more accurate forecasts it is necessary to take into account typological, edaphic and morphometric features of forest areas as well as impact of pests and diseases on the forests stands.

Key words: EURO-CORDEX project, RCP 4.5 scenario, RCP 8.5 scenario, CVP model, average growing stock change, site index, main forest-forming species.

E-mail: buksha@uriffm.org.ua

Одержано редколегією: 16.11.2020



І. М. КОВАЛЬ

КЛІМАТИЧНИЙ СИГНАЛ У РЕГІОНАЛЬНІЙ ДЕРЕВНО-КІЛЬЦЕВІЙ ХРОНОЛОГІЇ ДУБА ЗВИЧАЙНОГО (*QUERCUS ROBUR* L.) ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ

Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького

Наведено результати дендрокліматичних досліджень дуба звичайного (*Quercus robur* L.) у насадженнях Лівобережного Лісостепу України. Створено регіональну дендрохронологічну серію дуба, яка базується на чотирьох локальних хронологіях, що складаються із 60 індивідуальних дендрохронологічних серій. Виявлено реперні від'ємні роки (1962, 1969, 1972–1973, 1975, 1984, 1993, 1999, 2002, 2009, 2012 та 2016), які зумовлені холодними або, навпаки, надзвичайно теплими зимами, а також посухами впродовж вегетаційного періоду та високими ранньовесняними температурами. Значущі від'ємні кореляції між липневими температурами та індексами радіального приросту свідчать про посилення негативного впливу потепління на приріст. Упродовж 1989–2017 рр. чутливість дуба до впливу температур збільшилася проти 1960–1988 рр., однак в останні декілька років негативний вплив температур упродовж вегетаційного періоду на формування шарів річної деревини став дещо слабшим, що може свідчити про адаптацію дубових насаджень до потепління на цьому етапі.
Ключові слова: радіальний приріст дуба звичайного, дендрокліматичний аналіз, негативні реперні роки, клімат.

Вступ. Середня температура в Україні за 1999–2009 рр. підвищилася на 0,3–0,6°C, а за останні 100 років – на 0,7°C, що призвело до зростання темпів втрат біорізноманіття на всіх рівнях організації (Didukh 2009). Водночас упродовж 1999–2009 рр. темп підвищення річної температури повітря по території України став у 1,5 разу швидшим, ніж у Центральній Європі. Потепління клімату в Україні зумовлене одночасною дією природного й антропогенного факторів. Тобто відбувається накладення коливань циркуляційних умов, зокрема з періодом понад 100 років, на процеси, певною мірою пов'язані з антропогенним потеплінням в останні десятиріччя (Barabash et al. 2009). Прогностичні сезонні значення температури повітря та сум опадів до 2100 р. свідчать про очікуване підвищення приземної температури повітря в усі сезони року, з найбільшими темпами зростання температур у зимовий період (Palamarchuk et al. 2010).

Дуб звичайний (*Quercus robur* L.) – одна з головних лісоутворювальних порід, насадження якої займають близько 28 % від усієї площі лісів України (Bala & Khan 2014). Надзвичайно важливим є вивчення адаптації дубових насаджень до зміни клімату, яка є еволюційно дуже тривалим процесом пристосування видів до навколишнього середовища, причому клімат змінюється швидше, ніж еволюційні реакції (Didukh 2009).

Радіальний приріст – інтегральний показник, який є біоіндикатором і відтворює реакцію дерева на зміни довкілля. Втрата стійкості лісів у разі нестабільної екологічної ситуації може виявлятися у мінливості радіального приросту дерев та його постійній пригніченості (Ray et al. 2010). Дослідження шарів річної деревини дуба звичайного, які відбивають вплив погодних умов на стан дерева, дають змогу виявити реакцію деревно-кільцевих хронологій на зміни клімату. У зв'язку із цим все більшого значення набувають дендрохронологічні дослідження, які виявили високу ефективність такого підходу (Kolyshchuk 1966, Molchanov 1976, Williams 1992, Lovelius & Gritsan 1998, Milenin 2010, Bräuning et al. 2016, Roibu et al. 2017, Netsvetov et al. 2018, Koval & Borysova 2019).

Метою досліджень було створення регіональної дендрохронологічної серії дуба звичайного для Лівобережного Лісостепу та виявлення кліматичних чинників, які найбільшою мірою вплинули на радіальний приріст у 1960–1989 рр. та 1990–2017 рр.

Матеріали й методи. Дослідження проведено на чотирьох постійних пробних площах (ППП) у дубових насадженнях VII–X класів віку, які ростуть в умовах свіжого сугруду та свіжого груду (табл. 1). Усі насадження мають вегетативне походження за винятком багаторядної лісосмуги Наукового навчально-виробничого центра (ННВЦ) «Дослідне поле»

Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва, яка має насіннєве штучне походження.

Таблиця 1

Характеристика досліджуваних дубових насаджень

№ ППІ	Географічні координати		Висота над рівнем моря), м	ТЛУ	Вік, років	Повнота	D, см	H, м	Клас бонітету
	Широта пн. ш.	Довгота сх. д.							
1	50°06'41"	36°07'18"	122	D ₂	65	0,7	26,1	22,4	II
2	50°05'31"	36°17'40"	122	D ₂	100	0,6	40,0	25,0	II
3	49°58'50"	36°15'09"	113	C ₂	100	0,9	37,3	26,8	II
4	49°54'42"	36°27'22"	152	D ₂	70	0,7	24,0	18,7	II

Примітка: ППІ – постійні пробні площі; 1 – ДП «Харківська лісова науково-дослідна станція» (ДП «Харківська ЛНДС»), Дергачівське лісництво, 320 кв., вид. 3; 2 – ДП «Харківська ЛНДС», Південне лісництво, кв. 116, вид. 9; 3 – Харківський Центральний парк ім. М. Горького; 4 – Науковий навчально-виробничий центр (ННВЦ) «Дослідне поле» Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва (багаторядна лісосмуга).

Клімат – помірно континентальний. За даними Харківської метеостанції (49°55'28" пн. ш. 36°17'24" сх. д., висота над рівнем моря 155 м) найтеплішим (21,0°C) і найвологішим (61 мм) місяцем є липень, а найхолоднішим – січень (-5,5°C); найменшою кількістю опадів визначається березень (34,2 мм). Середня температура року становить 8,2°C, а сума опадів – 552 мм. Дані Харківської метеостанції використано за період 1959–2017 рр.

Застосовано стандартні дендрохронологічні методики (Cook & Kairiukstis 1990). Керни деревини відібрано на висоті стовбура 1,3 м. Шари річної деревини виміряно за допомогою цифрового приладу HENSON з точністю до 0,01 мм. Проведено перехресне датування, яке охоплює як підрахунок шарів річної деревини, так і порівняння зразків із метою виявлення відсутніх або фальшивих кілець для встановлення точного календарного року формування кожного деревного кільця та виявлення помилок під час їхнього вимірювання. Процес перехресного датування полегшується за виявлення реперних років мінімального приросту. Реперні роки – це роки, упродовж яких 95 % дерев вибірки мають однаковий тренд приросту (Yamaguchi 1991).

Якість перехресного датування перевірено за допомогою програми COFESHA (Holmes 1994). Загальну силу сигналу в серії визначено через міжсерійний коефіцієнт кореляції (R_{bar}), який визначено як середню кореляцію між усіма деревно-кільцевими хронологіями (Wigley et al. 1984). Популяційний сигнал (EPS), який визначає надійність вимірювань у хронології, і є функцією R_{bar} та кількості деревно-кільцевих хронологій за формулою (1):

$$EPS(t) = \frac{tR_{bar}}{tR_{bar} + (1 - R_{bar})}, \quad (1)$$

де t – кількість деревно-кільцевих серій;

R_{bar} – середня кореляція між деревно-кільцевими хронологіями.

Про придатність деревно-кільцевої серії для подальшого дендрокліматичного аналізу свідчить перевищення порогу EPS більше ніж 0,85 (Wigley et al. 1984).

Стандартизацію деревно-кільцевих хронологій здійснено за допомогою програми ARSTAN для видалення вікового тренду. Спочатку використано лінійну апроксимацію, потім застосовано авторегресійне моделювання, щоб усунути вплив попередніх років на формування річного кільця поточного року. Локальні хронології обчислено шляхом осереднення значень індивідуальних хронологій, а регіональну хронологію обчислено осередненням значень локальних хронологій (Cook & Kairiukstis 1990).

Стандартизація серій величин кілець дала можливість провести аналіз реакції радіального приросту дуба на зміни кліматичних чинників за допомогою програми RESPO з пакету програм DPL (Holmes 1994). Проведено аналіз реакції для 1960–1988 та 1989–2017 рр. із метою виявлення реакції радіального приросту дуба на варіації клімату упродовж цих періодів. Використано місячні середні температури та суми опадів із липня попереднього року до серпня поточного року. Застосовано покроковий регресійний аналіз із метою відбору найвпливовіших на радіальний приріст кліматичних чинників, а також метод головних компонент для вилучення з аналізу кліматичних чинників, які тісно корелюють між собою, та множинний регресійний аналіз для оцінювання впливу клімату на приріст (Holmes 1994).

Проведено ковзний кореляційний аналіз із вікном 35 років між деревно-кільцевою хронологією RESIDUAL та кліматичними чинниками Харківської метеостанції.

Результати та обговорення. Створення регіональної дендрохронологічної серії дуба звичайного, яка складається з 4 893 річних шарів річної деревини, базується на 60 індивідуальних деревно-кільцевих хронологіях із чотирьох локальних хронологій (рис. 1, табл. 2).

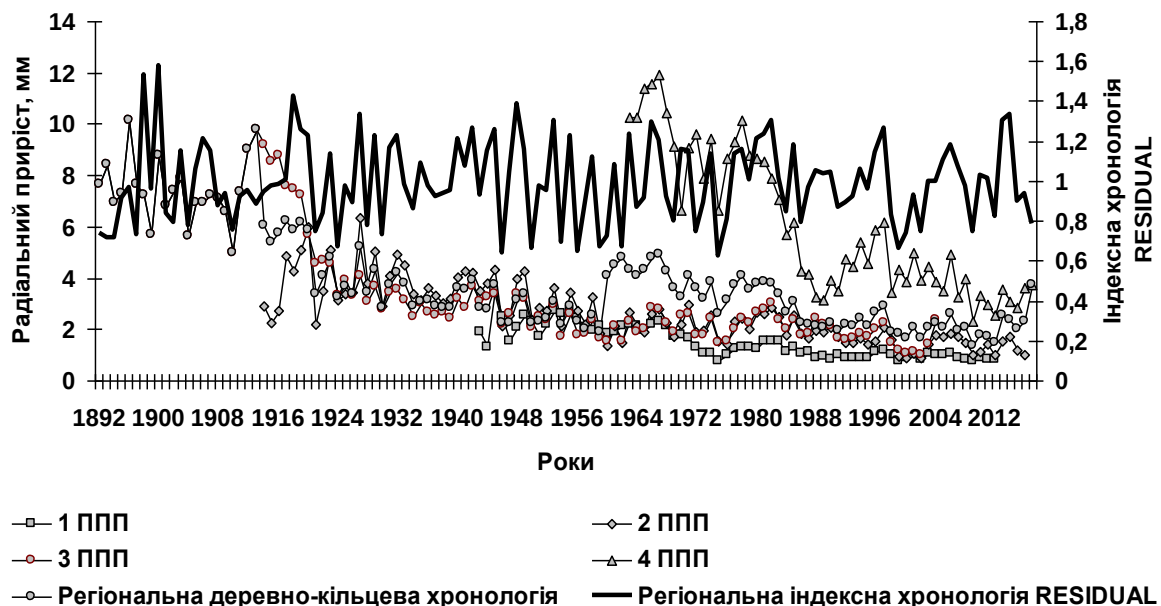


Рис. 1 – Динаміка радіального приросту дуба звичайного та регіональної індексної хронології RESIDUAL у насадженнях Лівобережного Лісостепу

Реперні роки мінімального радіального приросту дуба звичайного (1962, 1969, 1972–1973, 1975, 1984, 1993, 1999, 2002, 2009, 2012 та 2016) зумовлені холодними зимами, коли температури були нижчими від норми на 50–67 %, або навпаки – аномально теплими зимами, для яких перевищення норми сягало 58 %, а також занадто теплим вегетаційним періодом, коли перевищення температур становили 12–15 %. Дефіцит опадів, коли випадало на 20–56 % нижче за норму, та надзвичайно високі березневі температури, які перевищували норму у 5–8 разів, також викликали глибоку депресію радіального приросту дуба (табл. 2).

Деревно-кільцеві хронології RESIDUAL можна використовувати для подальшого дендрокліматичного аналізу, тому що межсерійні коефіцієнти кореляції середньої сили є достатніми ($r = 0,311\text{--}0,655$) та чутливими, тому що коефіцієнт чутливості перевищує 0,3 (табл. 3).

Від'ємні реперні роки регіональної деревно-кільцевої хронології дуба звичайного у Лівобережному Лісостепу

Рік мінімального приросту	Причини депресії радіального приросту
1894, 1899, 1910, 1915, 1921, 19281930, 1944, 1947, 1954, 1957	Причини депресії радіального приросту невідомі внаслідок відсутності метеорологічних даних
1962	Приріст обмежували опади за квітень – серпень. У 1962 р. вони становили 115 мм, а норма становила 263 мм, тобто відхилення було на 56 % меншим від норми
1969	Холодна зима (середні зимові температури становили $-7,2^{\circ}\text{C}$), нормою було $-4,3^{\circ}\text{C}$, тобто температури були нижчими від норми на 67 %. Низька сума річних опадів (становила 451 мм за норми 555 мм, тобто на 19 % нижче від норми)
1972–1973	Холодна зима, упродовж якої температури були майже вдвічі нижчими від норми (середні зимові температури становили $-8,2^{\circ}\text{C}$, водночас норма була $-4,3^{\circ}\text{C}$) та занадто теплий вегетаційний період (квітень – серпень) 1972 р., коли температура на 12 % перевищила норму (температура становила $19,4^{\circ}\text{C}$ за норми $17,2^{\circ}\text{C}$)
1975	Упродовж квітня – серпня випало опадів на 40 % нижче від норми (158 мм за норми 263 мм)
1984	Посушливий вегетаційний період, коли упродовж квітня – серпня випало 210 мм опадів, тобто на 20 % нижче від норми, яка становила 253 мм. Особливо посушливим видався липень, коли опадів випало на 56 % менше від норми
1993	Дефіцит опадів упродовж квітня – серпня, коли випало 216 мм за норми 263 мм, тобто на 22 % менше від норми
1999	Дефіцит опадів: упродовж квітня – серпня випало 224 мм опадів за норми 263 мм, тобто різниця становила 15 %. Особливо посушливим був липень, коли випало 44,6 мм за норми 61,4 мм, що є на 27 % нижче від норми
2002	Аномально тепла зима, коли температури перевищили норму на 26 % ($-3,2^{\circ}\text{C}$ за норми $-4,3^{\circ}\text{C}$), березневі температури перевищили норму майже у 8 разів ($5,2^{\circ}\text{C}$ за норми $0,68^{\circ}\text{C}$). Друга причина – дефіцит опадів упродовж квітня– серпня, коли випало на 31 % менше від норми (181 мм за норми 263 мм)
2009	Посушливий вегетаційний період, коли випало 140 мм опадів упродовж квітня – серпня за норми 263 мм, що є на 47 % меншим від норми. Особливо посушливим був липень, коли випало 26,5 мм опадів за норми 61,4 мм, що є на 56,9 % меншим від норми. Занадто тепла зима, коли температури сягнули $-3,2^{\circ}\text{C}$ за норми $-4,3^{\circ}\text{C}$, що є вищим за норму на 25 %. До того ж високі температури відзначено протягом березня ($1,7^{\circ}\text{C}$ за норми $0,68^{\circ}\text{C}$, що перевищило норму більше ніж удвічі)
2012	Посушливий та теплий вегетаційний період. Температури квітня – серпня становили $20,4^{\circ}\text{C}$ за норми 17°C , тобто на 15 % вище від норми, водночас опади упродовж цього періоду становили 202 мм за норми 263 мм, тобто були на 23 % нижчими. Температури липня були на 46 % вищими від норми
2016	Високі температури зимового та ранньовесняного періодів. Узимку температури були вищими від норми на 58 % і відповідно становили $-1,8^{\circ}\text{C}$ та $-4,3^{\circ}\text{C}$. Упродовж березня температури становили $3,5^{\circ}\text{C}$ за норми $0,68^{\circ}\text{C}$, тобто перевищили норму більш ніж у 5 разів

Для регіональної деревно-кільцевої хронології обчислено коефіцієнт EPS, який становив 0,99, тобто поріг перевищив 0,85, що свідчить про придатність цієї дендрохронологічної серії для подальшого дендрокліматичного аналізу.

Таблиця 3

Статистична характеристика локальних та регіональної серій деревно-кільцевих хронологій дуба звичайного на південній межі Лівобережного Лісостепу за програмами COFECNA та ARSTAN

№ ППП	Проміжок часу	Серед-не, мм	Неіндексовані серії				RESIDUAL серії		
			R_{bar}	$S_{td.dev}$	AC_1	MS_x	Серед-не	MS_x	$S_{td.dev}$
1	1950–2012	1,25	0,443	0,798	0,614	0,328	1,00	0,224	0,203
2	1914–2016	2,32	0,655	1,307	0,652	0,304	0,988	0,270	0,231
3	1890–2003	2,50	0,558	1,261	0,546	0,321	0,99	0,252	0,225
4	1960–2017	1,54	0,311	1,01	0,646	0,370	1,00	0,210	0,204
Р. д. с.	1890–2004	2,24	0,527	1,234	0,589	0,322	0,993	0,237	0,211

Примітка: R_{bar} – міжсерійний коефіцієнт кореляції; $S_{td.dev}$ – стандартне відхилення; AC_1 – автокореляція першого порядку; MS_x – середня чутливість; Р. д. с. – регіональна деревно-кільцева серія.

Виявлено, що середні річні температури у 1960–1988 рр. становили 7,5°C, а в 1989–2017 рр. – 8,7°C, тобто у другому періоді річні температури підвищилися на 16 %, а упродовж періоду активної вегетації (квітень – серпень) становили 16,8 та 17,7°C відповідно, тобто підвищилися на 5 %. Найшвидшими темпами потепління відбулося взимку та рано навесні (у березні), коли температури становили -5,1 та -3,5°C і -0,5 та 1,8°C відповідно. Отже, у другому періоді, як порівняти з першим, зимові температури були вищими на 31 %, і а у березні – більше ніж утричі. Підвищення температур липня у другому періоді сягало майже 6 %, тобто температура збільшилася від 20,5°C до 21,6°C.

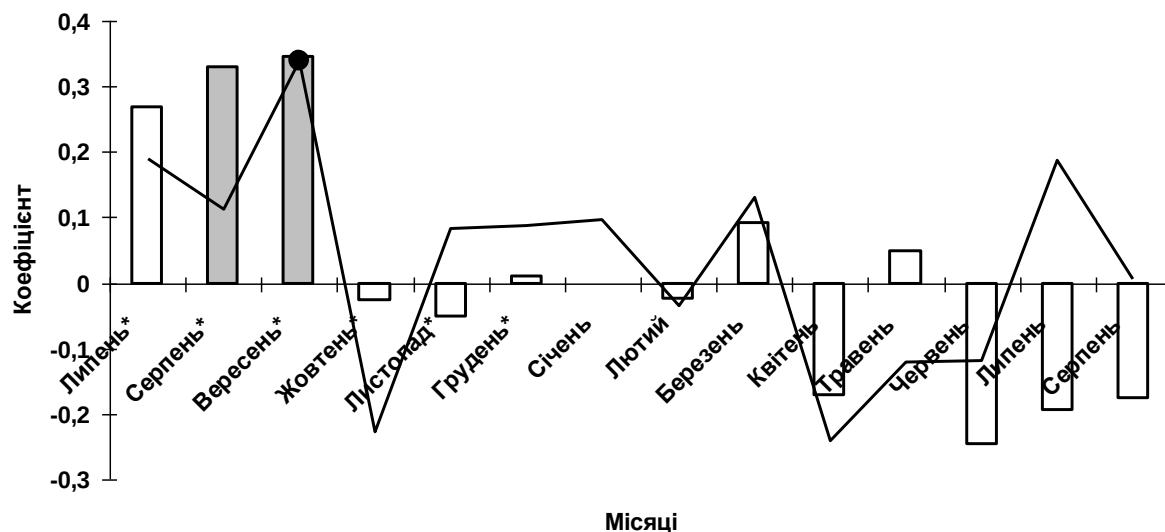
Середньомісячна сума опадів у 1960–1989 рр. сягнула 547 мм, у 1990–2017 рр. – 564 мм, тобто на 3 % вище у другому періоді, порівнюючи з першим. У квітні – серпні кількість опадів становила у першому періоді 261 мм, у другому – 264 мм, тобто різниця становила лише 1 %. Упродовж зими відбулося зменшення кількості опадів на 9 %, відповідні значення становили 133 та 121 мм. Для найвологішого місяця, липня, характерне збільшення кількості опадів на 22 %, тобто відповідні значення становили 56 та 68 мм.

Отже, у другому періоді, порівнюючи з першим, відбулося найшвидше підвищення температур ранньою весною та взимку. Водночас зафіксовано незначне збільшення кількості опадів протягом року, причому найрясніші опади відзначено впродовж квітня – серпня з максимальною кількістю в липні. Взимку, навпаки, кількість опадів зменшилася.

Визначено норми середньомісячних температур та опадів як середнє відповідних чинників за період 1960–2017 рр.

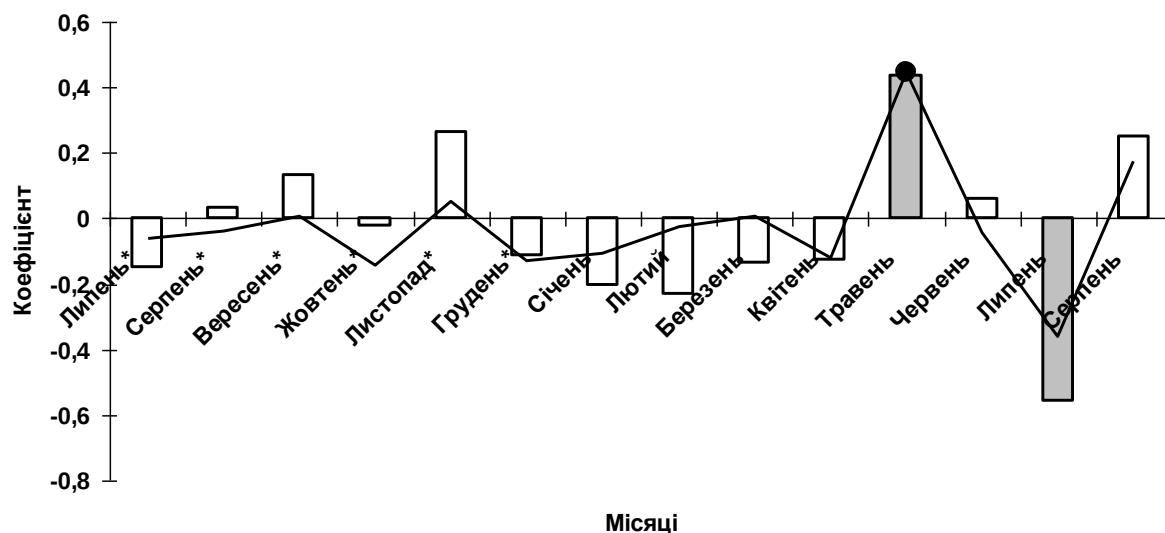
Дендрокліматичний аналіз деревно-кільцевої хронології дуба, проведений за програмою RESPO, виявив додатний вплив температур упродовж холодного періоду (з листопада попереднього року до лютого поточного року) на приріст у першому періоді (1960–1988 рр.); пізніше, у другому періоді (1989–2017 рр.), цей вплив став від'ємним. Можливо, підвищення температур упродовж цього періоду викликало зменшення вологонакопичення в ґрунті внаслідок частих відлиг. До того ж відбулося порушення зимового спокою дерев у результаті підвищення температур, що разом могло спричинити ослаблення дерев (рис. 2).

Кліматичні умови попереднього року мають значущий вплив на приріст поточного року (Latreille et al. 2017). Упродовж другого періоду, порівнюючи з першим, втрачено додатний вплив температур протягом липня – вересня попереднього року на радіальний приріст. Виявлено значущий додатний вплив температур на приріст у другому періоді. Значущі негативні кореляції між липневими температурами та індексами радіального приросту впродовж другого періоду свідчать про посилення негативного впливу потепління на приріст (рис. 2). У Словенії виявлено посилення негативного впливу температур на приріст дуба скельного (*Quercus petraea*) на місяць раніше – у червні (Saražin et al. 2018).



□ Коефіцієнт кореляції — Функція відгуку

а) 1960–1988 рр.



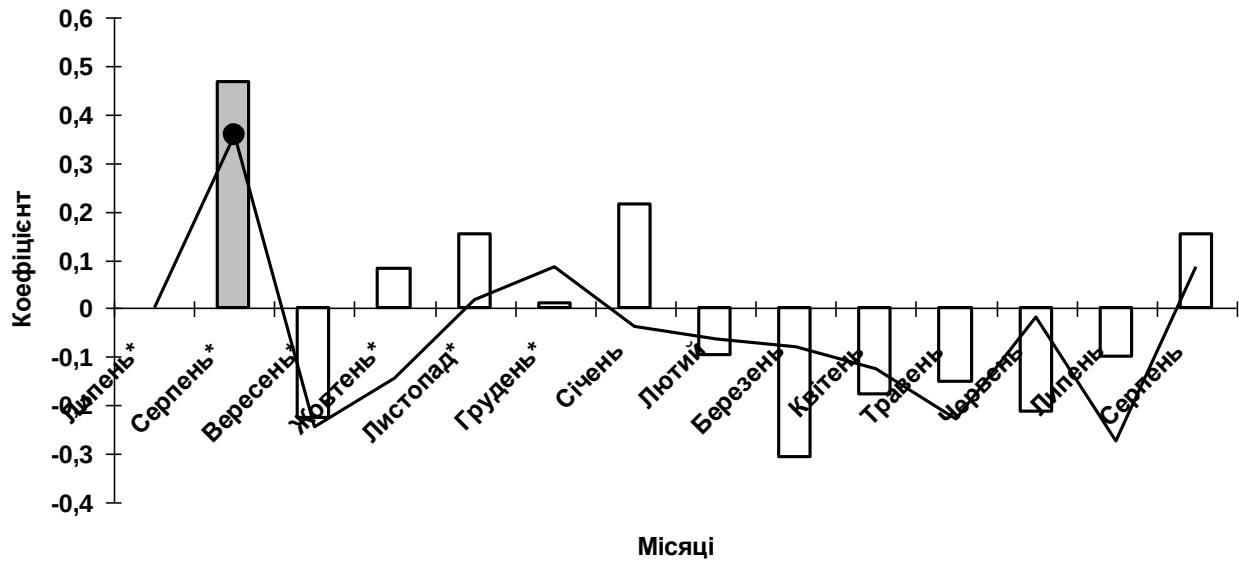
□ Коефіцієнт кореляції — Функція відгуку

б) 1989–2017 рр.

Рис. 2 – Коефіцієнти кореляції Пірсона (стовпчики) та коефіцієнти функції відгуку (лінії) між середніми місячними температурами та індексною регіональною деревно-кільцевою хронологією Лівобережного Лісостепу (сірі стовпчики свідчать про значущі коефіцієнти кореляції ($P < 0,05$), чорні кола показують значущі коефіцієнти функції відгуку; зірочки (*) означають місяці попереднього року

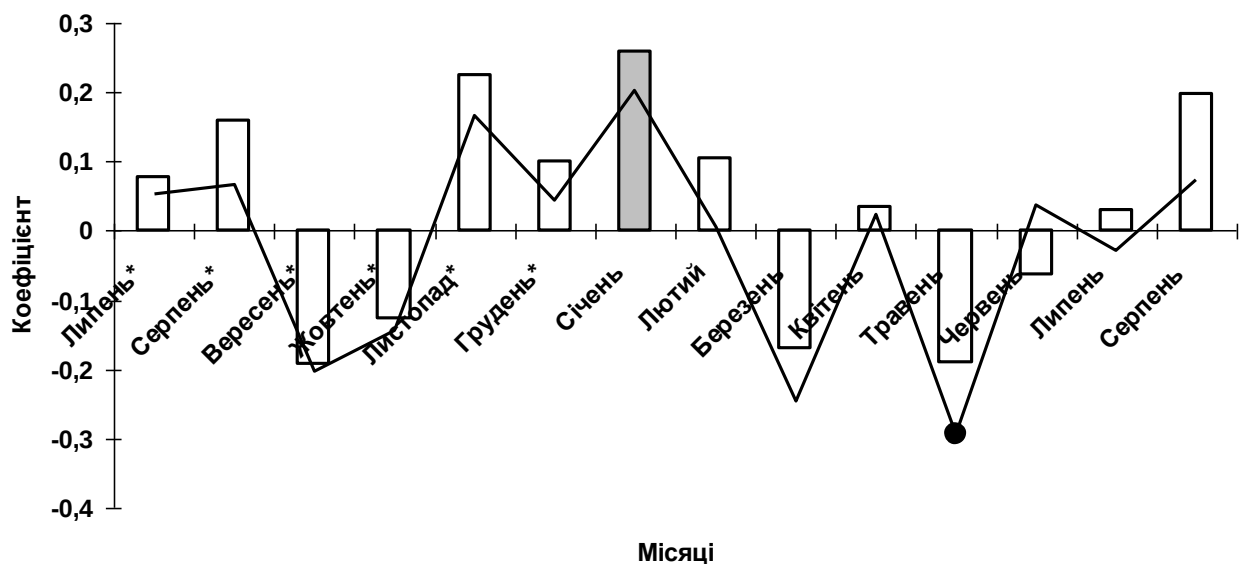
Упродовж першого періоду виявлено негативний вплив опадів жовтня попереднього року та позитивний вплив опадів упродовж лютого та липня в першому періоді на радіальний приріст. У Словенії визначено, що березневі опади значуще позитивно впливали на радіальний приріст *Quercus Petraea* (Saražin et al. 2018).

Для другого періоду зафіксовано значущий позитивний вплив опадів лише серпня попереднього року на формування річних шарів деревини. Простежується тенденція негативного впливу опадів на приріст у лютому – липні у другому періоді (рис. 3).



□ Коефіцієнт кореляції — Функція відгуку

а) 1960–1988 рр.



□ Коефіцієнт кореляції — Функція відгуку

б) 1989–2017 рр.

Рис. 3 – Коефіцієнти кореляції Пірсона (стовпчики) та коефіцієнти функції відгуку (лінії) між середніми місячними температурами та індексною регіональною деревно-кільцевою хронологією Лівобережного Лісостепу (сірі стовпчики свідчать про на значущі коефіцієнти кореляції ($P < 0,05$), чорні кола показують значущі коефіцієнти функції відгуку; зірочки (*) означають місяці попереднього року

Попередніми дендрокліматичними дослідженнями дуба звичайного в Поліссі виявлено кліматичні чинники, які найбільшою мірою впливають на радіальний приріст дуба: підвищення температур і зменшення опадів у період вегетації, підвищення температур рано навесні та взимку і збільшення кількості опадів упродовж холодного періоду (Koval et al. 2015). Отже, на відміну від Полісся у Лівобережному Лісостепу, навпаки, незначне збільшення опадів відбулося упродовж вегетаційного періоду і зменшення – упродовж зими. У період вегетації другого періоду значне підвищення температур збільшило транспірацію, і

незначне збільшення опадів у цей період не змогло перекрити негативний вплив дефіциту вологи на радіальний приріст дерев.

Ковзний кореляційний аналіз із вікном у 35 років між деревно-кільцевою хронологією RESIDUAL і кліматичними чинниками виявив, що вересневі температури попереднього року мали значущий від'ємний вплив на приріст 1963–2002 рр. Серпневі опади посилювали позитивний вплив на приріст у 1978–2017 рр. Тобто як потепління в кінці вегетаційного сезону, так і деяке збільшення кількості опадів подовжило період формування річних шарів деревини (рис. 4).

Місяці/Роки	1960–1997	1968–2002	1973–2007	1978–2012	1983–2017
Температура					
Червень*					
Липень*					
Серпень*					
Вересень*	**	**			
Жовтень*					
Листопад*					
Грудень*					
Січень					
Лютий					
Березень	**				
Квітень			****	**	
Травень	**	****			**
Червень					
Липень		**	**	**	
Серпень					
Квітень – серпень			***	**	
Зима		***			
Опади					
Червень*					
Липень*					
Серпень*				**	**
Вересень*					
Жовтень*					
Листопад*					
Грудень*	**				
Січень					
Лютий					
Березень					
Квітень					
Травень					
Червень					
Липень					
Серпень					
Квітень – серпень					
Зима	**				

Коефіцієнти кореляції:



*місяць попереднього року;

Значущість коефіцієнта кореляції: **на 0,05 рівні; *** на 0,01 рівні; на 0,001 рівні

Рис. 4 – Ковзний кореляційний аналіз із вікном у 35 років між деревно-кільцевою хронологією RESIDUAL та кліматичними чинниками метеостанції Харків

Виявлено значущий негативний вплив температур на радіальний приріст у березні 1963–1997 рр. Зафіксовано також значущий негативний вплив опадів на приріст у 1968–2002 рр. Від’ємні кореляції виявлено для квітневих температур і середньорічних температур упродовж квітня – серпня у 1973–2012 рр. (рис. 4).

Травневі температури негативно впливали на приріст у 1963–2002 рр., а вже в 1983–2017 рр. їхнє підвищення позитивно вплинуло на приріст. Липневі температури у 1968–2012 рр. негативно впливали на приріст, а для 1983–2017 рр. цей вплив ослаблювався, що могло бути пов’язане з адаптацією дубових насаджень до потепління (рис. 4). У Словенії відбулося збільшення негативного впливу червневих температур на радіальний приріст дуба скельного (*Quercus petraea*) упродовж 1993–2013 рр., що можна пояснити підвищенням температури (Saražin et al. 2018). На думку європейських учених, дуб має потенціал упоратись із теплим кліматом, який, імовірно, формуватиметься в Центральній Європі в майбутньому (Volte et al. 2009, Saražin et al. 2018).

Зимові температури, зокрема грудневі, мали значущий позитивний вплив на приріст у 1963–1997 рр., у наступні 1968–2017 рр. цей вплив послабився (див. рис. 4).

Висновки. Для регіональної деревно-кільцевої хронології дуба звичайного (*Quercus robur* L.) Лівобережного Лісостепу виявлено реперні роки мінімального приросту (1962, 1969, 1972–1973, 1975, 1984, 1993, 1999, 2002, 2009, 2012 та 2016), зумовлені холодними або, навпаки, надзвичайно теплими зимами, а також посухами упродовж вегетаційного періоду та високими ранньовесняними температурами. Упродовж 1989–2017 рр. чутливість дуба до впливу температур збільшилася, порівнюючи з 1960–1988 рр. Водночас в останні декілька років негативний вплив температур протягом вегетаційного періоду на формування шарів річної деревини став дещо слабшим, що підтверджує ковзний кореляційний аналіз між індексами радіального приросту та кліматичними чинниками. Це свідчить про адаптацію дубових насаджень до потепління на цьому етапі. Регіональну деревно-кільцеву хронологію дуба звичайного для Лівобережного Лісостепу можна використовувати під час планування лісогосподарських заходів.

ПОСИЛАННЯ – REFERENCES

- Bala, O. P. and Khan, E. Yu. 2014. Mensurational characteristics of vegetative origin oak stands in Ukrainian Forest-Steppe zone. Scientific Herald of NULES of Ukraine. Series: Forestry and Decorative Gardening, 198 (1): 9–13 (in Ukrainian).
- Barabash, M. B., Tatarchuk, O. H., Hrebenuk, N. P., Korzh, T. V. 2009. Practical direction of climate change research in Ukraine. Physical geography and geomorphology. Scientific bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv, 57: 28–36 (in Ukrainian).
- Bottle, A., Ammer, C., Lof, M., Ralle, M., Nabuurs, G., Shall, 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.
- Bräuning, A., De Ridder, M., Zafirov, N., García-González, I., Dimitrov, D. P., Gärtner, H. 2016. Tree-ring features: indicators of extreme event impacts. IAWA Journal, 37(2): 206–231.
- Cook, E. R. and Kairiukstis, L. A. 1990. Methods of Dendrochronology. Applications in the Environmental Sciences. Dordrecht, International Institute for Applied Systems Analysis. Kluwer Academic Publishers, 394 p.
- Didukh, Y. A. 2009. [Ecological aspects of global climate change: causes, consequences, actions. Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine, 2: 34–44 (in Ukrainian).
- Holmes, R. J. 1994. Dendrochronology Program Library-Users Manual; University of Arizona: Tucson, AZ, USA, 51 p.
- Kolyshchuk, V. H. 1966. Dynamics of growth of mountain pine (*Pinus mughus* Scop.) in connection with solar activity. Reports of the USSR Academy of Sciences, 167(3): 236–242 (in Russian).
- Koval, I. M., Bologov, O. V., Nusbaum, S. A., Juzvinsky, G. A. 2015. Radial increment of oak and ash trees as indicator of forest ecosystems in Novograd-Volynsky phosiographic region. Forestry and Forest Melioration, 126: 202–211 (in Ukrainian).
- Koval, I. M. and Borysova, V. L. 2019. Ash radial growth response to climate change in the stands of Left bank forest-steppe. Scientific Bulletin of UNFU, 2: 56–57 (in Ukrainian).
- Latreille, A., Davi, H., Frédéric, H., Pichot, C. 2017. Variability of the climate-radial growth relationship among *Abies alba* trees and populations along altitudinal gradients. Forest Ecology and Management, 396: 150–159.

- Loveliuss, N. V. and Gritsan, Yu. I. 1998. Forest ecosystems of Ukraine and heat and moisture supply. Sankt-Peterburg, Neva, 335 p. (in Russian).
- Milenin, A. I. 2010. Dynamics of radial growth of pedunculate oak in the riparian forests of the Voronezh region. Lesnoy zhurnal, 6: 39–45 (in Russian).
- Molchanov, A. A. 1976. [Dendroclimatic bases of weather forecasts. Moscow, Nauka, 168 p. (in Russian).
- Netsvetov, M., Prokopuk, Yu., Didukh, Ya., Romensky, M. 2018. Climatic sensitivity of *Quercus robur* L. in floodplain near Kyiv under river regulation. Dendrobiology, 79: 20–33.
- Palamarchuk, L. V., Hnatiuk, N. V., Krakovska, S. V., Shedemenko, I. P., Diukel, H. O. 2010. Seasonal climate change in Ukraine in XXI century. Scientific works of the Ukrainian Research Hydrometeorological Institute, 259: 104–120 (in Ukrainian).
- Ray, D., Morison, J., Broadmeadow, M. 2010. Climate change: Impacts and adaptation in England's woodlands. Forestry Commission Research Note. Forest research, 2(1): 1–16.
- Roibu, C. C., Popa, I., Kirchhefer, A. J., Palaghianu, C. 2017. Growth responses to climate in a tree-ring network of European beech (*Fagus sylvatica* L.) from the eastern limit of its natural distribution area. Dendrochronologia, 42: 104–116. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2017.02.003>
- Saražin, Ja., Resent, G. A., Balzano A., de Luis M., Merela, M and, Čufar, K. 2018. Dendrochronology of sessile oak (*Quercus Robur Petraea*) on the transition between climatic zone. Les/Wood, 67 (2): 5–20.
- Wigley, T. M. L., Briffa, K. R., Jones, P. D. 1984. On the average value of correlated time series, with applications in dendroclimatology and hydrometeorology. Journal of Climate and Applied Meteorology, 23: 201–213.
- Williams, J. T. 1992. International aspect of biodiversity. Forest. Choron., 4: 454–458.
- Yamaguchi, D, K. 1991. A simple method for cross-dating increment cores from living trees. Canadian Journal of Forest Research, 21 (3): 414–416.

Koval I. M.

CLIMATE SIGNAL IN THE REGIONAL TREE-RING CHRONOLOGY OF ENGLISH OAK (*QUERCUS ROBUR* L.) IN LEFT-BANK FOREST-STEPPE

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

The article presents results of dendroclimatological study of English oak (*Quercus robur* L.) in the stands grown in Ukrainian Left-Bank Forest-Steppe. The oak regional dendrochronological series has been developed. It is based on the four local series which include 60 individual tree-ring chronologies. The pointer negative years, namely 1962, 1969, 1972–1973, 1975, 1984, 1993, 1999, 2002, 2009, 2012, and 2016, have been determined. They resulted from cold winters or, on the contrary, extremely warm winters, and due to droughts during the growing season and high early spring temperatures. Significant negative correlations between the July temperatures and indexes of radial growth point at intensified negative impact of temperature rise on growth. During 1989–2017, the temperature sensitivity of oak increased compared to 1960–1988. However, during the last few years, a negative impact of temperatures during the growing season on the annual tree ring formation has become somewhat weaker, which may indicate some adaptation of oak stands to warmth at this stage.

Key words: oak radial growth, pointer negative years, dendroclimatological analysis, climate.

E-mail: koval_iryna@ukr.net

Одержано редколегією: 29.08.2020



Є. Є. МЕЛЬНИК, В. П. ВОРОН

**СЕЗОННІ ОСОБЛИВОСТІ ВИНИКНЕННЯ ПОЖЕЖ В ЛИСТЯНИХ ЛІСАХ
ЗЕЛЕНОЇ ЗОНИ МІСТА ХАРКІВ**

Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького

Наведено результати досліджень тенденцій виникнення пожеж у листяних лісах зеленої зони міста Харків на прикладі насаджень ДП «Жовтнєве ЛГ» та ДП «Харківська ЛНДС» за період 2005–2018 рр. Визначено середньорічні кількість і площу пожеж та горимість листяних лісів, а також кількість і площі пожеж у цих лісах за різних класів пожежної небезпеки за умовами погоди та за різного значення комплексного показника пожежної небезпеки в окремі пори року. Проаналізовано кількість випадків пожеж у середньому за день для листяних лісів за різних класів пожежної небезпеки за умовами погоди у весняний, літній та осінній сезони. Наведені дані використано для оцінювання місцевої шкали класів пожежної небезпеки за умовами погоди та для поліпшення прогнозування й попередження займань у листяних лісах.
Ключові слова: лісова пожежа, загоряння в лісі, пожежонебезпечний період, комплексний показник пожежної небезпеки.

Вступ. Упродовж тривалого періоду збільшуються площа та кількість пожеж у багатьох країнах світу внаслідок глобального потепління клімату (Zibtsev & Borsuk 2012, Kelly et al. 2013, Tedim et al. 2015, Balabukh 2016, Doerr & Santín 2016, World Fire Statistics 2018). Навіть активне попередження та оперативне гасіння лісових пожеж у багатьох країнах не можуть повністю виправити ситуацію. В результаті впливу посушливих погодних умов на лісові екосистеми небезпека виникнення пожеж в окремі періоди пожежонебезпечного сезону швидко зростає, внаслідок чого зростає кількість пожеж, зокрема значні за площею та інтенсивністю низові пожежі та більш небезпечні верхові (Zibtsev & Borsuk 2012, World Fire Statistics 2018). Іноді лісові пожежі пошкоджують населені пункти та важливі господарські об'єкти, що завдає колосальних збитків державі та населенню (Borsuk 2013, Kelly et al. 2013, World Fire Statistics 2018).

Доволі складною ситуація з лісовими пожежами залишається і в Україні (National report 2018, Voron & Melnyk 2019). Аналіз тенденцій лісових пожеж в останні роки демонструє важливість проведення досліджень, спрямованих на попередження займань у лісі шляхом ефективнішого прогнозування можливих місць їхнього виникнення за різних погодних умов в окремі пори року. Такий підхід може допомогти у зменшенні збитків від пожеж завдяки готовності лісопожежних служб оперативніше реагувати на займання певних лісових ділянок у різні пори року (National report 2018, Melnyk 2018, Voron & Melnyk 2019).

Хоча метеорологічні умови є основним фактором, що визначає пожежну небезпеку і регламент роботи протипожежних служб лісових господарств, але в багатьох країнах Європи, США та Канаді додаткові фактори також дуже сильно впливають на ймовірність виникнення пожеж. Саме антропогенний вплив, навіть у насадженнях із подібним класом природної пожежної небезпеки, значно збільшує загрозу займань (Gorshenin 1981, Glagolev & Kogan 2011, Balabukh 2016). Під час прогнозування пожеж необхідно звертати увагу на такі особливості, як частота займань на певних ділянках, близькість населених пунктів, автошляхів, залізниць тощо (Glagolev 2015).

Доволі часто через постійне випалювання сухої трави, очерету, стерні на сільськогосподарських землях фіксують пожежі навіть за найменш сприятливих для виникнення вогню погодних умов, тобто за мінімального значення показника класу пожежної небезпеки (КПН) за умовами погоди (Melnyk 2018). При цьому нерідко відбуваються пожежі в листяних лісах, які, як відомо (Shcheglova 2013, Shcheglova et al. 2013), є найменш пожежонебезпечними. Дослідження особливостей виникнення пожеж у таких лісах може допомогти у прогнозуванні та попередженні займань.

На основі аналізу тенденцій виникнення пожеж у листяних лісах, які мають особливості займання через природні та антропогенні фактори, можливо уточнити прогноз виникнення

пожеж за різного значення показника пожежної небезпеки за умовами погоди. В Україні та деяких інших країнах східної Європи оцінювання та порівняння таких даних здійснюють переважно на основі комплексного показника пожежної небезпеки В. Г. Нестерова (КППН) із деякими вдосконаленнями (Methodical recommendations 2011), пов'язаними з урахуванням кількості опадів за минулу добу під час визначення відповідного КППН (Kuzyk & Kucheriavuj 2009, Kuzyk 2011, Borsuk 2013, Volokitina et al. 2017, Melnyk 2018).

Метою роботи було оцінювання тенденцій пожеж у листяних лісах зеленої зони міста Харків за певних значень комплексного показника пожежної небезпеки та класів пожежної небезпеки за умовами погоди в різні сезони року.

Матеріали й методи. Об'єктами дослідження були листяні ліси ДП «Жовтнєве ЛГ» та ДП «Харківська ЛНДС» УкрНДЛГА.

Порівняння сезонних тенденцій виникнення пожеж в окремі роки за період 2005–2018 рр. з основними показниками пожежної небезпеки за умовами погоди, розрахованими на основі метеоданих, показало різницю тенденцій за кількістю пожеж для різних значень КППН та КППН як упродовж усього пожежонебезпечного періоду, так і в окремі пори року. Отримані дані можуть допомогти у прогнозуванні пожеж у майбутньому на подібних територіях зеленої зони міста Харків.

Необхідні метеодані отримано з архіву на сайті метеостанції Харківського аеропорту (Archive of Kharkiv airport 2018). На їхній основі розраховано комплексний показник пожежної небезпеки (КППН) за формулою (1) (Methodical recommendations 2011):

$$\text{КППН} = k \cdot \text{КППН}_{n-1} + t(t - \tau) \quad (1)$$

де k – коефіцієнт, який враховує кількість опадів за попередню добу;

КППН_{n-1} – комплексний показник пожежної небезпеки за попередній день;

t – температура повітря, °С, визначена о 12 годині поточного дня;

τ – точка роси, °С, визначена о 12 годині поточного дня.

Для визначення показника k із методичних рекомендацій (Methodical recommendations 2011) використано такі уточнення з урахуванням кількості опадів за минулу добу: без опадів – $k = 1$; 0,1–0,9 мм – $k = 0,9$; 1,0–2,9 мм – $k = 0,6$; 3,0–5,9 мм – $k = 0,4$; 6,0–15,9 мм – $k = 0,2$; 16 мм і більше – $k = 0$.

З урахуванням КППН визначено КППН за умовами погоди за раніше запропонованою шкалою для лісостепової частини Харківщини з урахуванням сезону року (Methodical recommendations 2011, Melnyk 2018):

– у весняний сезон за величини КППН до 400 – I клас, 401–1 300 – II клас, 1 301–2 700 – III клас, 2 701–4 700 – IV клас, понад 4 700 – V клас;

– у літній сезон за величини КППН до 600 – I клас, 601–2 100 – II клас, 2 101–3 700 – III клас, 3 701–5 400 – IV клас, понад 5 400 – V клас;

– в осінній сезон за величини КППН до 1 000 – I клас, 1 001–3 300 – II клас, 3 301–6 000 – III клас, 6 001–10 000 – IV клас, понад 10 000 – V клас (Melnyk 2018).

Пожежна небезпека для I КППН – відсутня; II КППН – мала; III КППН – середня; IV КППН – висока; V КППН – надзвичайна.

Фактичну горимість лісів визначали за шкалою, запропонованою Союздіпролісгоспом із уточненнями щодо кількості пожеж (Nesterov 1949).

Результати та обговорення. На досліджуваній території ДП «Жовтнєве ЛГ» та ДП «Харківська ЛНДС» переважно соснові ліси потребують постійного посиленого пожежного контролю, проте, порівнюючи дані за породами (табл. 1, 2), можна стверджувати, що і листяним лісам, які є значно менш пожежонебезпечними, необхідно приділяти додаткову увагу, особливо у місцях посиленого антропогенного впливу та за певних погодних умов (Melnik 2019, Voron & Melnyk 2009, 2019).

Порівняння загальної кількості та площі лісових пожеж із книг обліку досліджуваних підприємств за окремими роками показало, що лісові пожежі в листяних лісах ДП «Жовтневе ЛГ» фіксують майже щорічно, але найчастіше їхня кількість не перевищує 8 % від загальної кількості. Лише у 2008 р. частка пожеж у листяних лісах становила 36 випадків із 112, або 32 %. У 2014, 2017 та 2018 рр. у листяних лісах взагалі не зафіксовано жодного випадку пожеж. При цьому впродовж 2008 та 2011 рр. частка пошкодженої площі листяних лісів становила 23 % (2,55 га) та 38 % (3,54 га). У лісах ДП «Харківська ЛНДС» показники за кількістю були значно меншими, тобто пожежі в листяних лісах зафіксовано лише по одному випадку в 2012 та 2015 рр. та п'ять випадків у 2018 р. Проте площа пожеж у листяних лісах у 2012 р. становила 1,7 га, або 57 % від загальної, а у 2018 р. – 3,3 га, або майже 55 % (табл. 1)

Таблиця 1

Динаміка кількості та площі пожеж у листяних лісах та їхня частка від загальної кількості випадків у досліджуваних лісгосподарських підприємствах в окремі роки (за період 2005–2018 рр.)

Рік	ДП «Жовтневе ЛГ»						ДП «Харківська ЛНДС»					
	кількість пожеж			площа пожеж			кількість пожеж			площа пожеж		
	загальна, випадків	у листяних, випадків	частка в листяних, %	загальна, га	у листяних, га	частка в листяних, %	загальна, випадків	у листяних, випадків	частка в листяних, %	загальна, га	у листяних, га	частка в листяних, %
2005	211	11	5	6,6	0,45	7	2	–	–	0,2	–	–
2006	169	14	8	3,8	0,23	6	4	–	–	2,2	–	–
2007	162	5	3	11,3	0,08	1	2	–	–	0,2	–	–
2008	112	36	32	11,0	2,55	23	1	–	–	0,3	–	–
2009	236	10	4	29,3	1,27	4	12	–	–	7,7	–	–
2010	200	16	8	29,1	3,54	12	5	–	–	1,4	–	–
2011	49	1	2	3,2	1,20	38	4	–	–	0,8	–	–
2012	83	2	2	17,1	0,03	<1	6	1	17	3,0	1,70	57
2013	28	2	7	1,2	0,08	6	3	–	–	0,1	–	–
2014	3	–	–	<0,1	–	–	–	–	–	–	–	–
2015	56	4	7	3,9	0,36	9	5	1	20	2,1	0,40	19
2016	19	1	5	1,3	0,02	1	1	–	–	0,4	–	–
2017	53	–	–	7,2	–	–	8	–	–	1,9	–	–
2018	50	–	–	14,1	–	–	14	5	36	6,0	3,30	55
Загалом	1 431	102	7	139,2	9,80	7	67	7	10	26,3	5,40	21
Середнє	102	7	...	9,93	0,70	...	5	0,5	...	1,87	0,38	...

За досліджуваний період середньорічна кількість пожеж у листяних лісах ДП «Жовтневе ЛГ» становила 7 випадків за рік, а їхня площа – близько 0,70 га. Для ДП «Харківська ЛНДС» через велику кількість років узагалі без пожеж ці показники є меншими в декілька разів – 0,5 випадку за рік, а площа – близько 0,38 га. Тобто різниця за кількістю пожеж була значно більшою (у 14 разів), ніж за площею (в 1,8 разу).

Хоча листяні насадження в обох лісгосподарських підприємствах становлять основну частину лісового фонду, оцінювання розподілу за породами за період 2005–2018 рр. свідчить, що близько 80–90 % від загальної кількості та площі пожеж припадало на хвойні ліси (соснові насадження). Так, у ДП «Жовтневе ЛГ» зафіксовано 1 328 випадків (92,8 % від загальної кількості) із площею 126,17 га (90,6 %), а в ДП «Харківська ЛНДС» – 60 випадків (90,1 %) із площею 20,89 га (79,4 %) (табл. 2).

За даними розподілу кількості та площі пожеж за породами в обох досліджуваних підприємствах найбільша частка пожеж та їхня площа серед листяних насаджень припадають на ліси, де головною лісоутворювальною породою є дуб звичайний (*Quercus robur* L.). У насадженнях інших порід кількість пожеж не перевищувала п'яти випадків за весь досліджуваний період.

Таблиця 2

**Кількість і площа пожеж у ДП «Жовтневе ЛГ» та ДП «Харківська ЛНДС» за період 2005–2018 рр.
за деревними породами**

Головна порода	ДП «Жовтневе ЛГ»				ДП «Харківська ЛНДС»			
	кількість		площа		кількість		площа	
	випадків	%	га	%	випадків	%	га	%
Листяні насадження								
Дуб звичайний (<i>Quercus robur</i> L.)	98	95,1	9,59	73,1	5	71,4	2,2	40,7
Робінія звичайна (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.)	3	2,9	3,49	26,6	1	14,3	1,5	27,8
Осика (<i>Populus tremula</i> L.)	1	1,0	0,02	0,2	–	–	–	–
Дуб червоний (<i>Quercus rubra</i> L.)	1	1,0	0,01	0,1	–	–	–	–
Береза повисла (<i>Betula pendula</i> Roth.)	–	–	–	–	1	14,3	1,7	31,5
Разом	103	100,0	13,12	100,0	7	100,0	5,4	100,0
Хвойні насадження								
Сосна звичайна (<i>Pinus sylvestris</i> L.)	1 328	100,0	120,88	100,0	60	100,0	20,89	100,0
Загалом								
Листяні	103	7,2	13,12	9,4	7	10,4	5,4	20,5
Хвойні	1 328	92,8	126,17	90,6	60	89,6	20,89	79,5
Разом	1 431	100,0	139,29	100,0	67	100,0	26,3	100,0

Водночас площа пожеж у ДП «Жовтневе ЛГ» для насаджень за участю берези повислої (*Betula pendula* Roth) становила 26,6 % (3,49 га) від загальної площі пожеж у листяних лісах, а в ДП «Харківська ЛНДС» – 31,5 % (1,7 га). У ДП «Харківська ЛНДС» доволі велика пожежа (площею 1,5 га) також пошкодила насадження з участю робінії звичайної (*Robinia pseudoacacia* L.).

Отримані результати необхідно надалі враховувати для планування протипожежних лісогосподарських заходів як для хвойних, так і для листяних лісів.

Результати попередніх власних досліджень свідчать, що саме на територіях, які найчастіше відвідує населення та які розташовані близько до антропогенних об'єктів, припадають більшість усіх пожеж (Voron et al. 2012). У цих умовах підвищується ймовірність виникнення пожеж як унаслідок умисного підпалу (сміття, тогорічної сухої трави), так і у випадках необережного поводження з вогнем. Таким чином, доволі велика кількість пожеж, навіть у листяних лісах ДП «Жовтневе ЛГ», зумовлена саме близьким розташуванням багатьох кварталів лісу до місць проживання й користування (населені пункти, лінії електропередач), пересування (автодороги та залізничні колії) та інтенсивного відвідування лісу населенням (місця відпочинку).

Природні умови та вплив антропогенних факторів у досліджуваних підприємствах мають особливості. Тому для кожного підприємства доцільно якомога точніше досліджувати зв'язок цих факторів із сезонністю виникнення пожеж. Водночас необхідно звертати особливу увагу на антропогенний чинник, оскільки загально відомо, що основною причиною займань у лісі є людський фактор (Suvorov et al. 2008). Наприклад, умисне випалювання минулорічної трави біля автодороги та високовольтної лінії призвело до загорання

середньовікового дубового насадження (ДП «Харківська ЛНДС», Південне лісництво, кв. 162, вид. 6). У цьому насадженні на момент виникнення пожежі ще не з'явилося листя на деревах і кущах та живий надґрунтовий покрив, а висушена прямими сонячними променями підстилка спалахнула навіть в умовах свіжої діброви (D₂) (рис. 1). Детальний аналіз сезонних тенденцій пожеж у листяних лісах на прикладі досліджуваних підприємств за весь період надав можливість виявити певні особливості в різні місяці та пори року (рис. 2).



а



б

Рис. 1 – Весняна низова пожежа в ДП «Харківська ЛНДС» (Південне лісництво, кв. 162, вид. 6), де через випалювання минулорічної трави біля автодороги під високовольтною лінією (а) вогонь перекинувся на середньовікове дубове насадження (б)

Розподіл середньої кількості лісових пожеж за місяцями та декадами місяців свідчить, що виникнення пожежного максимуму (коли кількість пожеж перевищувала їхню середньомісячну кількість) і пожежного піку (відрізок часу з максимальною кількістю пожеж) припадає на період квітня – вересня. Пожежний пік у листяних лісах відзначено вже у квітні, тобто на початку пожежобезпечного періоду (рис. 2).

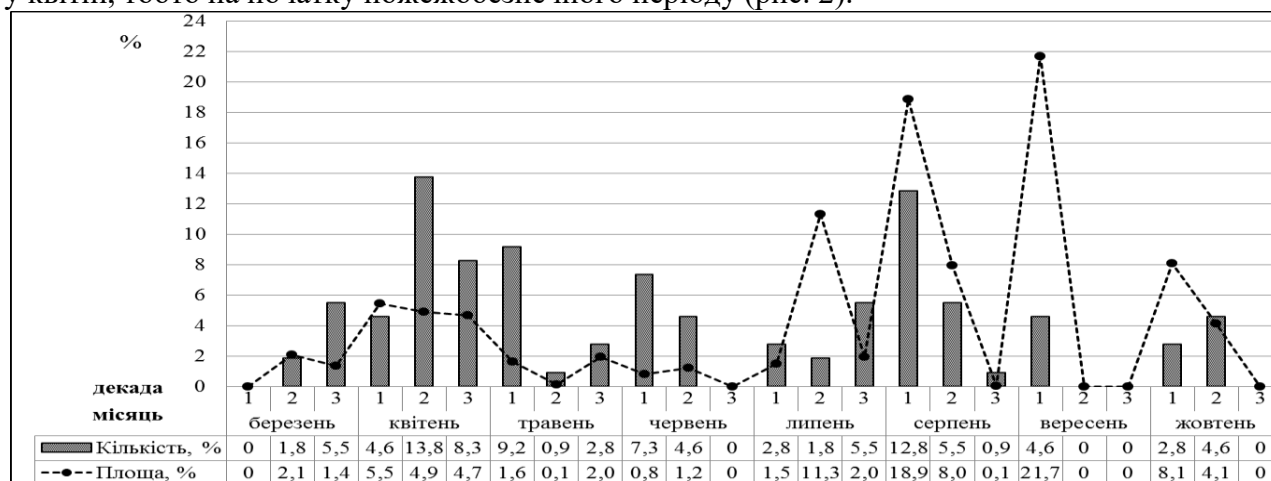


Рис. 2 – Подекадний розподіл кількості випадків і площі лісових пожеж у листяних лісах ДП «Жовтнєве ЛГ» та ДП «Харківська ЛНДС» за період 2005–2018 рр.

Площі пожеж є найбільшими наприкінці літа (серпень – 26,9 %) та на початку осені (вересень – 21,7 %). У менш пожежонебезпечні весняні місяці загроза виникнення пожеж у листяних лісах є також доволі високою і в них необхідно проводити патрулювання вже на початку пожежонебезпечного періоду.

Аналіз даних за період 2005–2018 рр. виявив, що навесні лісові пожежі можуть виникати у листяних лісах досліджуваних підприємств навіть за мінімальних значень КППН. Таке

явище можливе навіть за найменш сприятливих для виникнення пожеж умов погоди, наприклад, через випалювання сухої минулорічної трави населенням (рис. 3, 4). Пожежі за I КПН, тобто за мінімального значення КППН, можуть відбуватися як навесні (лише два випадки), так і влітку (один випадок). При цьому кількість випадків пожеж у середньому за день є мінімальною. Навесні показник за кількістю випадків пожеж у середньому за день за II, III та IV КПН є найбільшим, тобто саме в цей сезон у листяних лісах бажано вести постійне спостереження за будь-якого КПН.

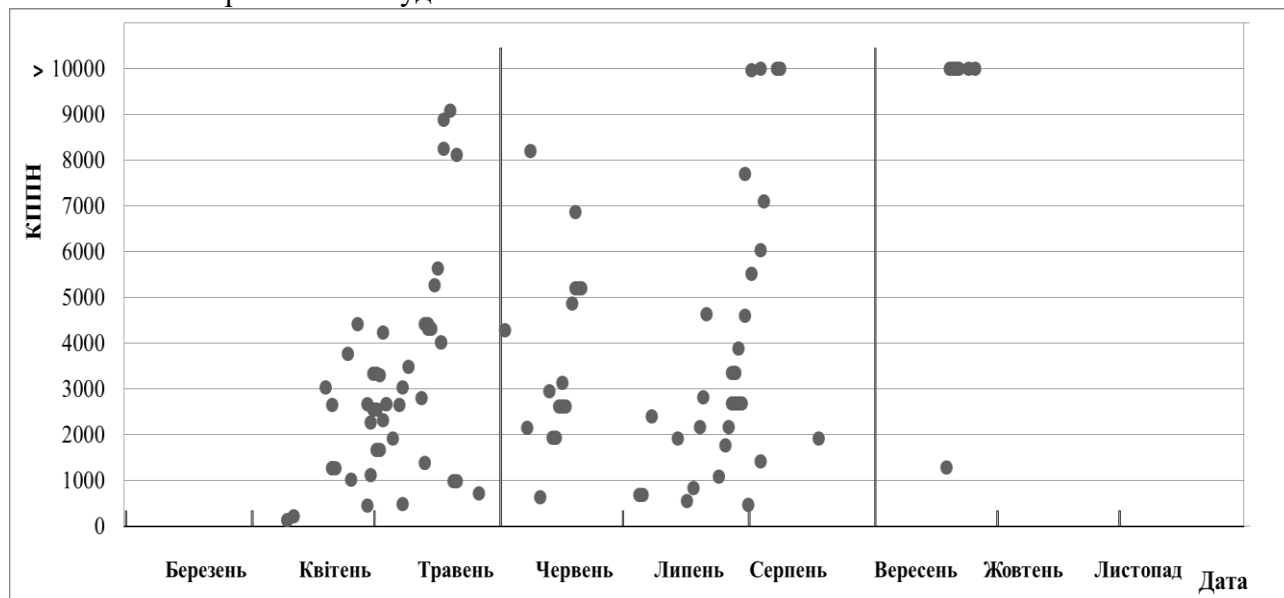


Рис. 3 – Розподіл пожеж у листяних лісах ДП «Жовтнєве ЛГ» та ДП «Харківська ЛНДС» за датами і величиною комплексного показника пожежної небезпеки за період 2005–2018 рр.

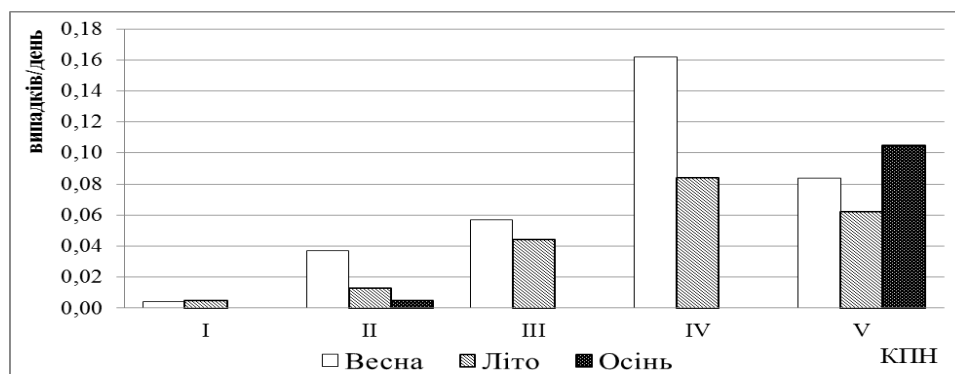


Рис. 4 – Кількість випадків пожеж у середньому за день за різних КПН (за період 2005–2018 рр.) у весняний, літній та осінній сезони в листяних лісах ДП «Жовтнєве ЛГ» та ДП «Харківська ЛНДС»

Улітку, завдяки наявності краще розвиненого молодого трав'яного покриву показник кількості випадків пожеж у середньому на день є меншим за весняний для II, III, IV та V КПН. Осінні пожежі відбуваються не так часто, причому переважна більшість за значення КППН понад 10 000, тобто V КПН за місцевою шкалою.

Шляхом порівняння співвідношення частки випадків пожеж у листяних лісах досліджуваних підприємств у різні сезони виявлено, що восени майже всі пожежі (86 %) виникли за V КПН, тобто співвідношення певної частки пожеж для різних КПН помітно різняться. Проте влітку частка пожеж для різних КПН сильно не відрізняється від розрахунків поправок у методиці Курбатського (Kurbatskiy 1963): 2 % – I КПН, 11 % – II клас, 27 % – III клас, 31 % – IV клас та 29 % – V клас. Подібний рівномірний розподіл частки пожеж можна побачити й у весняний сезон, але для V класу відмічено лише 14 % за розрахункових більше 30 %, а для II класу аж 25 % за розрахункових 15 % (Kurbatskiy 1963). На основі такої перевірки можна стверджувати, що рекомендованою шкалою найбільш

ефективно користуватися влітку. Навесні краще починати посилене спостереження вже за II класу пожежної небезпеки. Восени необхідно вести посилений контроль увесь період, особливо за V класу КППН (табл. 3).

Таблиця 3

Частка випадків пожеж за різних КППН (за період 2005–2018 рр.) у весняний, літній та осінній сезони в листяних лісах ДП «Жовтнєве ЛГ» та ДП «Харківська ЛНДС»

Клас пожежної небезпеки (КППН)	Пожежна небезпека	Сезон року			За методикою М. П. Курбатського (1963), %
		Весна	Літо	Осінь	
I	Відсутня	4	2	0	до 5
II	Мала	25	11	14	15
III	Середня	24	27	0	25
IV	Висока	33	31	0	25
V	Надзвичайна	14	29	86	30

Одержані дані та результати попередніх власних досліджень свідчать, що різниця значень обох показників у різні місяці може бути пов'язана як із коливаннями кількості опадів і середньої температури впродовж усього пожежонебезпечного періоду, так і з природними особливостями та антропогенним впливом на ріст і розвиток лісів території регіону досліджень. Зокрема, можуть впливати ризик займання сухіших горючих лісоматеріалів в окремі сезони, кількість відпочивальників у лісі та потреба місцевого населення у випалюванні минулорічної сухої трави в лузі та на власних господарських ділянках, що створює умови для перекидання вогню на сусідні лісові насадження (Voron & Melnyk et al. 2009, 2019, Voron et al. 2012).

Оцінювання горимості листяних насаджень досліджуваних підприємств згідно зі шкалою Союздіпролісгоспу за частотою пожеж (кількістю випадків на 1 млн га) показало, що в ДП «Жовтнєве ЛГ» відносна горимість є високою, а в ДП «Харківська ЛНДС» – середньою. Відносна горимість за середньою площею однієї пожежі на 1 000 га загальної площі об'єкта в обох підприємствах є низькою. Це порівняння дало змогу виявити відмінності для досліджуваних підприємств, що різняться за площею лісів (табл. 4).

Таблиця 4

Кількість і площі пожеж у середньому на рік і горимість листяних лісів ДП «Жовтнєве ЛГ» та ДП «Харківська ЛНДС» за період 2005–2018 рр.

Державне лісгосподарське підприємство	За кількістю випадків, тис. шт.		За пошкодженою вогнем площею, га		Середня площа однієї пожежі, га
	на 1 млн га площі лісового фонду	відносна горимість	на 1 000 га площі лісового фонду	відносна горимість	
Харківська ЛНДС	27	середня	0,02	низька	0,77
Жовтнєве ЛГ	193	висока	0,02	низька	0,01

Отримані дані щодо виникнення лісових пожеж у листяних лісах є корисними у роботі лісопожежних служб, оскільки можуть допомогти у прогнозуванні виникнення пожеж упродовж пожежонебезпечного періоду за певного значення КППН та КППН. На основі цього можна раціоналізувати роботу протипожежної охорони в різні пори року та чітко діяти згідно з регламентом роботи лісової пожежної станції навіть за невеликих значень КППН в окремі сезони пожежонебезпечного періоду.

Висновки. У досліджуваних підприємствах лісові пожежі найчастіше виникають у хвойних насадженнях (понад 90 % від загальної кількості); на листяні насадження припадає 9,9 % за кількістю випадків та 20,9 % за площею пожеж у ДП «Харківська ЛНДС» та 7,2 % за кількістю випадків та 13,12 % за площею пожеж у ДП «Жовтнєве ЛГ». Переважну більшість

пожеж у листяних лісах зафіксовано в дубових насадженнях (понад 80 %). У листяних насадженнях оцінювати пожежну небезпеку за умовами погоди необхідно з урахуванням пори року. Відносна горимість листяних лісів за кількістю випадків за даними за період 2005–2018 рр. в ДП «Харківська ЛНДС» характеризується як середня, а в ДП «Жовтнєве ЛГ» – як висока. Під час прогнозування виникнення пожеж слід брати до уваги як погодні умови, так і можливий вплив антропогенного фактору.

ПОСИЛАННЯ – REFERENCES

- Archive of Kharkiv airport rp5.ua. 2018. [Electronic resource]. Available at: <http://rp5.ua/> (accessed 21.08.2020) (in Ukrainian).
- Balabukh, V. O. 2016. The impact of climate change on the number and area of forest fires in the North Black Sea region of Ukraine. *Ukrainian Hydrometeorological Journal*, 18: 60–71 (in Ukrainian).
- Borsuk, O. A. 2013. Comprehensive assessment of the wildfire danger in exclusion zone of Chornobyl NPP. *Scientific Herald of NULES of Ukraine. Series: Forestry and Decorative Gardening*, 187 (3): 167–176 (in Ukrainian).
- Doerr, S.H. and Santin, C. 2016. Global trends in wildfire and its impacts: Perceptions versus realities in a changing world. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 371: 20150345. DOI: 10.1098/rstb.2015.0345
- Glagolev, V. A. 2015. Estimation and forecast of occurrence of vegetation fires in Jewish Autonomous Region. PhD thesis. Khabarovsk, 147 p. (in Russian).
- Glagolev, V. A and Kogan, R. M. 2011. Modification of the regional scale of fire hazard classes for the Middle Amur region (case study of the Jewish Autonomous Oblast). *Regional problems*, 14 (1): 48–53 (in Russian).
- Gorshenin, N. M., 1981. *Forest Pyrology*. Lviv, Vishcha shkola, 160 p. (in Russian).
- Kelly, R., Chipma, M. L., Higuera P. E., et al. 2013. Recent burning of boreal forests exceeds fire regime limits of the past 10,000 years. *P. Natl. Acad. Sci. USA*, 110: 13055–60.
- Kurbatskiy, N. P. 1963. Fire hazard in the forest and its measurement by local scales. In: *Forest fires and their control*. Moscow, USSR Academy of Sciences, p. 5–30 (in Russian).
- Kuzyk, A. D. 2011. Modeling of fire danger of forests. *Scientific Bulletin of UNFU*, 21.16: 104–116 (in Ukrainian).
- Kuzyk, A. D. and Kucheriavyj, V. P. 2009. Influence of meteorological factors on xerofillization of the forest environment and fire occurrence. *Forestry and Forest Melioration*, 116: 238–244 (in Ukrainian).
- Melnyk, Ye. Ye. 2018. Forecasting of fire danger by weather conditions in forests of the green belt of Kharkiv city. *Forestry and Forest Melioration*, 132: 131–140 (in Ukrainian).
- Melnik, Ye. Ye. 2019. Ground fires in the forests of the forest-steppe part of Kharkiv Region and their effects on middle-aged pine stands. Extended abstract of PhD thesis. Kharkiv, 23 p. (in Ukrainian).
- Methodical recommendations for reducing the risk of forest fires on arsenals, bases and warehouses of ammunition located in the forests. 2011. [Electronic resource]. Order of the Ministry of Emergency Situations of Ukraine No 890 dated 25August 2011. Available at: <http://www.dsns.gov.ua/files/2011/8/26/890.pdf> (accessed 21.08.2020) (in Ukrainian).
- National report on the state of technogenic and natural safety in Ukraine in 2014–2017. 2018. [Electronic resource]. The State Emergency Service of Ukraine; Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine; National Academy of sciences of Ukraine. Kyiv. Available at: <http://undicz.dsns.gov.ua/ua/Nacionalna-dopovid-pro-stan-tehnogennoyi-taprirodnoyi-bezpeki-v-Ukrayini.html> (accessed 21.08.2020) (in Ukrainian).
- Nesterov, V. H. 1949. *Forest fire risk and methods of its determination*. Moscow, Goslesbumizdat, 76 p. (in Russian).
- Shcheglova, E. G. 2013. The effect of surface fires of deciduous forests of Orenburg region]. *Vestnik of the Orenburg State University*, 10 (146): 15–20 (in Russian).
- Shcheglova, E. G., Nesterenko, Yu. M., Shabaev, V. M. 2013. Forest fires and their role in the formation and development of forest biocenoses in flood forests of the Steppe zone. *Izvestia Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 40: 8–11 (in Russian).
- Suvorov, E. G., Novitskaya, I. N., Kitov, A. D., Maksyutova, E. V. 2008. The manifestation of the pyrogenic factor in the geosystem dynamics of the southwestern Baikal region. *Geography and Natural Resources*, 2: 66–73 (in Russian).
- Tedim, F., Xanthopoulos, G., Leone, V. 2015. Forest Fires in Europe: Facts and Challenges. In: *Wildfire Hazards, Risks and disasters*. Douglas Paton (ed.). Chapter: 5. Elsevier, p. 77–99. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-410434-1.00005-1>.
- Volokitina, A. V., Sofronova, T. M., Korets, M. A. 2017. Regional scales of fire danger rating in the forest: Improved technique. *Siberian journal of forest science*, 2: 52–61 (in Russian).
- Voron, V. P. and Melnyk, Ye. Ye. 2009. Tendencies of fire development in the forests of green belt of Kharkov. *Forestry and Forest Melioration*, 115: 207–214 (in Ukrainian).
- Voron, V. P. and Melnyk, Ye. Ye. 2019. Wildfire tendencies in Ukrainian forests. *Forestry and Forest Melioration*, 134: 78–87 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.33220/1026-3365.134.2019.78>

Voron, V. P., Melnyk, Ye. Ye., Sydorenko, S. G. 2012. Tendencies of fire development in the forests of Kharkiv green belt. *Problemy pozhezhnoyi bezpeky*, 32: 37–42 (in Ukrainian).

World Fire Statistics. CTIF Report. 2018. [Electronic resource]. 62 p Available at: https://www.ctif.org/sites/default/files/2018-06/CTIF_Report23_World_Fire_Statistics_2018_vs_2_0.pdf (accessed 21.08.2020).

Zibtsev, S. V. and Borsuk, O. A. 2012 Wildfire protection in the world and Ukraine– challenges and perspectives in 21st century]. *Forestry and landscape gardening*, 1: 49–63 (in Ukrainian).

Melnyk Ye. Ye., Voron V. P.

SEASONAL PECULIARITIES OF FIRE IN DECIDUOUS FORESTS IN THE KHARKIV GREEN BELT

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

The tendencies of fire occurrence in deciduous forests of the Kharkiv green belt were studied in the forests of the Zhovtneve State Forest Enterprise and Kharkiv Forest Research Station for the period 2005–2018. The average annual number and area of fires and frequency of fire occurrence were determined for deciduous forests in the studied areas from 2005 to 2018. Also, in these forests, fire number and areas were determined depending on certain fire hazard classes by the weather conditions and different values of the comprehensive fire hazard indicator in different seasons. We analysed the number of fire cases on average per day for deciduous forests in different classes of fire danger in the spring, summer and autumn seasons. These data were used to assess the local scale of fire hazard classes by the weather conditions and to improve the quality of forecasting and fire prevention in deciduous forests.

Key words: forest fire, burning, fire season, forest fire danger index.

E-mail: wudckij1985@gmail.com; voron@uriffm.org.ua

Одержано редколегією 01.09.2020



**АНАЛІЗ ГОРИМОСТІ ЛІСІВ УКРАЇНИ ЯК ПЕРЕДУМОВА
ЛІСОПОЖЕЖНОГО РАЙОНУВАННЯ**

Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького

В останні десятиліття у світі все частіше виникають особливо великі лісові пожежі, які завдають значних екологічних, соціальних та економічних збитків. Одним із способів зменшити ризик виникнення таких пожеж є ефективне забезпечення науково обґрунтованих обсягів заходів щодо протипожежної профілактики, яке має ґрунтуватися на оцінюванні пожежних ризиків та виявленні найуразливіших територій. У роботі оцінено щільність та горимість лісів України у регіональному аспекті. Визначено просторові та часові особливості лісових і ландшафтних пожеж, режимів пожеж і зв'язок цих показників із низкою соціально-економічних, кліматичних і природних чинників. Запропоновано розширення створеної колекції тематичних шарів, сумісних із GIS системами, які побудовані з використанням основних топографічних, кліматичних, природних і соціально-економічних змінних, що впливають на пожежну небезпеку на рівні лісів і природних ландшафтів. Отримані дані буде використано для розбудови лісопожежного районування України.

Ключові слова: щільність лісових пожеж, пожежні ризики, соснові ліси, пожежна небезпека.

Вступ. В останні десятиліття в країнах Європи все частіше виникають особливо великі лісові пожежі (Alberdi et al. 2015, de Rigo et al. 2016, 2017). Упродовж 2020 р. виникла низка великих лісових пожеж на Поліссі та Сході України, які завдали катастрофічних екологічних, соціальних та економічних збитків. Пожежонебезпечний період 2020 р. навіть за попереднім оцінюванням є найтяжчим за всю історію незалежної України. Такі прояви зміни клімату, як тривала відсутність опадів, їхній просторовий і часовий перерозподіл, підвищення середніх температур повітря, неминуче призведуть до підвищення рівнів пожежної небезпеки в лісах України. Повторювання років із аномально теплими безсніжними зимами сприятиме трансформації пожежних режимів на території України, загострюватиме пожежні ризики не лише у ранньовесняний період (березень – квітень), але й у зимовий (лютий). Іншим фактором, що підвищуватиме пожежні ризики, є прояви аномальних погодних умов (аномально тривалі посухи, значне підвищення швидкості вітру впродовж пожежонебезпечного періоду тощо) (de Rigo et al. 2017). Такі прояви зміни клімату матимуть значний вплив на пожежні ризики в лісах України. Для ефективної організації протипожежної профілактики та успішної боротьби з лісовими пожежами необхідним є розділення території лісового фонду на однорідні частини за комплексом природно-кліматичних, соціальних та економічних факторів. Такі фактори визначають необхідність проведення однакових видів та обсягів протипожежних заходів із аналогічними витратами сил і коштів на їхню реалізацію (Usenia et al. 2017). Розробка забезпечить раціональний розподіл ресурсів, сил і засобів пожежогасіння, зважаючи на фактичні ризики виникнення й поширення пожеж для кожного регіону країни.

Метою дослідження є оцінювання щільності та горимості лісів у регіональному аспекті, визначення основних природних і соціально-економічних чинників, що впливають на підвищення пожежної небезпеки в лісах України.

Матеріали й методи. Для оцінювання рівнів пожежних ризиків у різних регіонах України використано офіційні статистичні дані щодо кількості випадків лісових пожеж і пройденої вогнем площі (Public report 2020). Визначено показники щільності лісових пожеж ($R_{dens.}$) та горимості за площею ($R_{f.comb}$) (Asenova 2018). Пожежні ризики в кожному з регіонів визначено як добуток двох основних показників, які характеризують горимість лісів: щільності лісових пожеж і горимості за площею. Зважаючи на отримані дані, регіони України класифіковано на три рівня за пожежними ризиками: низький, середній, високий.

Щільність лісових пожеж ($R_{dens.}$) розраховували за формулою (1):

$$R_{dens.} = \frac{1000 \sum_{i=1}^n N_i}{n \times F_{for.area}}, \quad (1)$$

де $R_{dens.}$ – середньорічна щільність пожеж на 1 000 га площі лісів, кількість випадків / роки / 1 000 га;

N_i – щорічна кількість лісових пожеж, кількість випадків / роки;

n – кількість років за період дослідження (не менше ніж 10 років);

$F_{for.area}$ – загальна площа лісів регіону дослідження, га.

Фактичну горимість лісів за площею ($R_{f.comb}$) розраховували за формулою (2):

$$R_{f.comb} = \frac{1000 \sum_{i=1}^n F_{burnt.area}}{n \times F_{for.area}}, \quad (2)$$

де $R_{f.comb}$ – середньорічне значення фактичної горимості лісів на 1 000 га, га / роки / 1 000 га;

$F_{burnt.area}$ – щорічна площа лісових пожеж, га / роки;

n – кількість років за період дослідження (не менше ніж 10 років);

$F_{for.area}$ – загальна площа лісів регіону дослідження, га.

Пожежні ризики ($R_{f.risk}$) у кожному з регіонів визначено як добуток двох основних показників, які характеризують горимість лісів: щільності лісових пожеж та горимості за площею (3):

$$R_{f.risk} = R_{f.comb} \times R_{dens.} \quad (3)$$

де $R_{f.comb}$ – середньорічне значення фактичної горимості лісів на 1 000 га, га / роки / 1 000 га;

$R_{dens.}$ – середньорічна щільність пожеж на 1 000 га площі лісів, к-сть випадків / роки / 1 000 га.

Кліматичні дані взято з «Кліматичного кадастру України» (Climatic Cadastre of Ukraine 2006), для розрахунків використано середні багаторічні дані з метеостанцій у регіонах України (кліматична норма 1961–1990 рр.) та обраховано середні значення за метеостанціями кожного з регіонів.

Для оцінювання щільності ландшафтних пожеж використано дані про термальні аномалії, які зафіксовано сенсорами MODIS упродовж 2006–2019 рр. MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (спектрорадіометр помірно роздільної здатності)) – це сенсор, який розміщено на борту супутників Terra та Aqua, запущених NASA. Дані отримано відповідно до алгоритму MODIS MOD14/MYD14 Fire and Thermal Anomalies (Giglio et al. 2018).

Дані щодо населення у регіонах узято з офіційного сайту Державної служби статистики України (State Statistics Service 2020).

Для оцінювання поточного стану трав'яної рослинності та виявлення ознак усихання та відмирання травостоїв упродовж пожежонебезпечного періоду використано вегетаційний індекс (normalized difference vegetation index – NDVI). В основу розрахунків індексу покладено застосування нормалізованої різниці між мінімумом і максимумом відбиття у певному спектрі. NDVI обчислено за такою формулою(4) (Tarpley et al.1984):

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED) \quad (4)$$

де RED та NIR – значення відповідних пікселей на зображеннях, отриманих у видимій (червоній) та ближній інфрачервоній ділянках спектра.

Відповідно до цієї формули, щільність рослинності (NDVI) у певній точці зображення дорівнює різниці інтенсивностей відбитого світла в червоному та інфрачервоному діапазонах, поділеній на їхню суму (Tarpley et al. 1984). Для побудови тематичних шарів із усередненими растровими даними за десятирічний період для кожного місяця використано дані продуктів (Didan 2015).

Аналіз лісового фонду проведено з використанням повидільної бази даних «Лісовий фонд України» ВО «Укрдержліспроєкт» за 2011 р.

Для просторового аналізу та побудови мап використано програмне забезпечення QGIS. Для статистичного аналізу використано пакет програм Statistica 10 від StatSoft.

Результати та обговорення. Для розрахунку горимості й щільності лісових пожеж необхідною умовою є визначення режимів пожеж та їхнього просторового розподілу в попередні роки.

Упродовж пожежонебезпечного періоду 2020 р. (рис. 1) лісовий сектор зіткнувся з безпрецедентними за площею лісовими пожежами. Такі пожежі виникли на тлі кліматичних аномалій, які є проявами глобальної зміни клімату. Подібні тенденції відзначено і в інших країнах, тобто збільшується частота виникнення особливо великих лісових пожеж (mega fires). Прогнозовано частіше повторення аналогічних аномальних умов, що сприяють появі таких пожеж. Тому відповідні служби мають бути готовими до боротьби з такими пожежами.

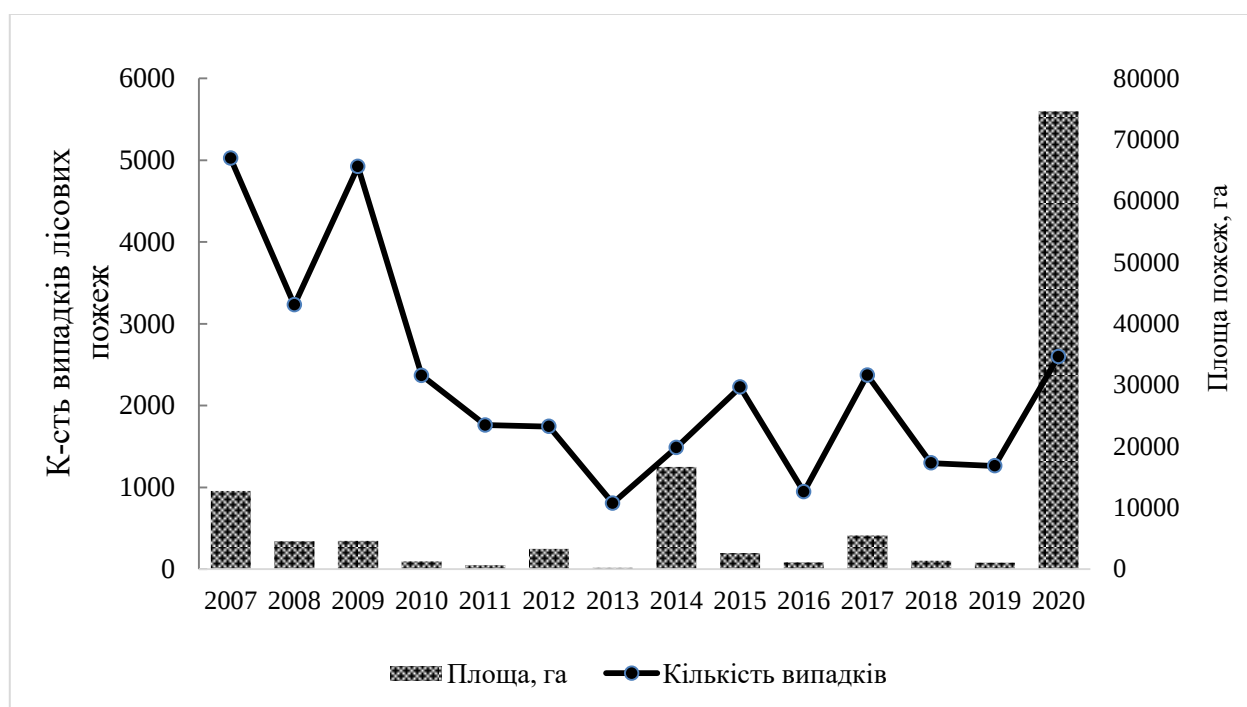


Рис. 1 – Розподіл лісових пожеж за кількістю та площею в Україні за період 2007–2019 рр. (у лісах держпідприємств, діяльність яких координує ДАЛРУ)

Для оцінювання пожежних ризиків обраховано горимість лісів України в регіональному аспекті та визначено основні фактори, які впливають на підвищення пожежної небезпеки лісів. Виявлено, що щільність лісових пожеж збільшується з північного заходу до південного сходу (рис. 2, а). Отже, найвищий ризик виникнення лісових пожеж традиційно залишається в Херсонській (10,6 випадку на 1 000 га), Луганській (4,5 випадку на 1 000 га), Дніпропетровській (2,3 випадку на 1 000 га) та Запорізькій (1,6 випадку на 1 000 га) областях. Також значну щільність пожеж виявлено в Київській області (1,8 випадку на 1 000 га), що пояснюється великою щільністю населення в регіоні.

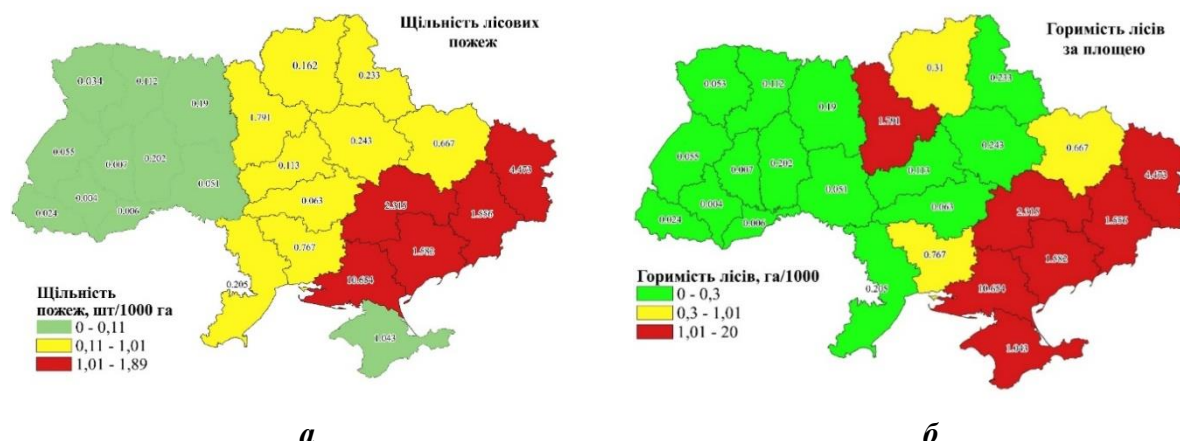


Рис. 2 – Щільність лісових пожеж (а) і горимість лісів (б) в Україні за адміністративними областями (за період 2007–2019 рр.)

Аналіз виявив тенденцію до підвищення рівня горимості лісів від Заходу до Південного Сходу, за винятком порівняно високої горимості лісів півночі України: Київської (1,8 га на 1 000 га) та Чернігівської (0,31 га на 1 000 га) областей (рис. 2, б). Це свідчить про підвищення пожежних ризиків і виникнення великих за площею пожеж саме на Поліссі, де значна частка площі вкрита сосновими лісами. Зважаючи на зміну клімату, саме цей регіон прогнозовано стане одним із найуразливіших до лісових пожеж, особливо в посушливі роки. У чистих соснових лісах цього регіону неминуче збільшиться ризик виникнення верхових пожеж. В Україні особливу небезпеку становитиме підвищення пожежної небезпеки ділянок лісового фонду, які традиційно вважали порівняно безпечними. Насамперед це стосується соснових лісів усіх груп віку, що ростуть у вологих і сирих гігротопах, зважаючи на значні запаси лісових горючих матеріалів (ЛГМ), що акумулюються за таких умов.

Під час тривалих посух значна частка ЛГМ як із групи живих, так і відмерлих набувають пірологічної стиглості й перетворюються на провідники горіння. Торф'яники, які зазвичай є надто вологими для виникнення пожеж, прогнозовано становитимуть все більшу загрозу, на що варто звернути особливу увагу, враховуючи складність гасіння торф'яних пожеж. Отже, ризик виникнення лісових пожеж на Поліссі з часом підвищуватиметься.

Зважаючи, що основними індикаторами пожежних ризиків є щорічна площа пройдених лісовими пожежами лісів і кількість пожеж, запропоновано використання комплексного показника пожежних ризиків у кожному регіоні (рис. 3). Так, визначено найбільш пожежоне-



Рис. 3 – Лісопожежні ризики в регіонах України (за період 2007–2019 рр.)

безпечні, уразливі регіони. Ця інформація є базою для подальшого аналізу кліматичних, соціально-економічних і природних чинників, які підвищують ризики виникнення пожеж. Такі дослідження забезпечать надалі розроблення лісопожежного районування на базі створених попередньо тематичних шарів за чинниками, що мають прямий чи опосередкований вплив на підвищення пожежних ризиків.

Відсутність кореляційних зв'язків між попередньо розрахованими показниками пожежних ризиків, горимістю лісів і щільністю пожеж, з одного боку, й усередненими класами природної пожежної небезпеки (за статистикою ОУЛМГ) , з другого, свідчить про неможливість використання цього показника (усередненого класу природної пожежної небезпеки) як основного індикатора пожежної небезпеки лісів на рівні регіонів.

Щільність і горимість лісів збільшується в регіонах зі значною часткою чистих сосняків (рис. 4).

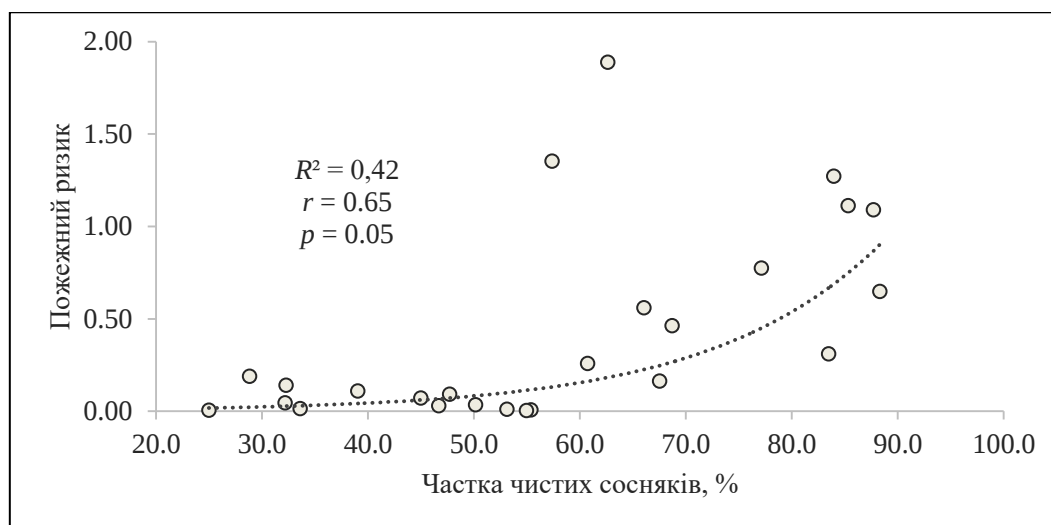


Рис. 4 –Підвищення пожежних ризиків у чистих сосняках (за результатами аналізу повидільної бази даних «Лісовий фонд України» ВО «Укрдержліспроект» за 2011 р.)

Підвищення пожежостійкості лісів має забезпечуватися регулюванням складу деревостанів. Наявність у складі сосняків одиниці листяних порід знижує ризик виникнення пожежі на 10–15 %, а 2–3 одиниць – на 30–50 %. За результатами аналізу повидільної бази даних «Лісовий фонд України» ВО «Укрдержліспроект» стосовно лісів обласних управлінь лісового та мисливського господарства виявлено, що найбільша площа соснових лісів зосереджена на Поліссі в Житомирській (388,1 тис. га) та Рівненській (381,9 тис. га) областях. Значні площі соснових лісів мають також Волинська, Київська та Чернігівська області (248,7; 219,2 та 215,3 тис. га відповідно). Значна частка соснових лісів є чистими за складом без участі листяних, що значно підвищує їхню пожежну небезпеку та ризик виникнення верхових пожеж (табл. 1).

Основними чинниками, які сприяють підвищенню пожежної небезпеки, є кліматичні умови. Зокрема, найвідчутніший вплив мають температура, кількість опадів, відносна вологість повітря та швидкість вітру. Ці показники є основними елементами пожежної погоди, від яких залежить готовність лісових горючих матеріалів до займання, а також швидкість розвитку та поширення лісових пожеж. Відносно сучасної кліматичної норми оцінено вплив цих показників на горимість лісів у регіональному аспекті.

Таблиця 1

Частка соснових лісів у лісовому фонді ОУЛМГ та їхній розподіл за складом

Область	Участь сосни у складі насадження, %						Соснові ліси		Загалом лісів, тис га
	50≤	60	70	80	90	100	Частка, %	Площа, тис га	
Чернігівська	5,7	4,6	8,6	13,5	13,8	53,8	60,6	215,3	355,5
Київська	5,3	4,8	7	12,3	12,6	58,0	61,7	219,2	355,1
Житомирська	11,2	7,7	10,9	15,8	15,4	39,0	58,8	388,1	660,3
Рівненська	9,9	7,0	9,7	14,4	13,9	45,0	65,4	381,9	584,2
Волинська	8,1	6,1	8,3	13,6	13,7	50,2	56,9	248,7	436,8
Сумська	4,7	3,9	6,6	10,7	13,4	60,7	39,4	100,8	255,6
Львівська	10,6	6,9	9,0	13,0	13,7	46,7	21,8	93,3	428,2
Харківська	1,3	1,4	1,9	4,0	3,0	88,3	32,9	92,8	282,3
Черкаська	4,5	4,0	5,2	8,5	9,0	68,7	28,7	73,4	255,4
Луганська	1,4	1,8	2,1	3,6	3,3	87,7	32,1	73,2	228,2
Полтавська	2,2	1,9	2,8	5,3	4,4	83,5	35,7	56,1	157,3
Херсонська	2,7	5,8	6,9	11,9	10,1	62,6	62,8	48,5	77,3
Хмельницька	6,3	5,8	8,4	14,9	16,8	47,7	26,8	44,9	167,4
АР Крим	14,6	8,3	6,7	8,3	7,2	55,0	18,4	41,9	227,7
Донецька	2,6	2,1	2,8	4,6	2,6	85,3	21,4	19,8	92,5
Дніпропетровська	3,2	1,5	2,4	4,3	4,7	84,0	24,6	16,2	65,7
Тернопільська	8,6	6	8,1	11,2	10,7	55,4	10,5	15,1	143,6
Миколаївська	1,4	3,3	4,6	8,0	5,5	77,1	29,2	10,9	37,4
Івано-Франківська	14,2	7,5	8,9	8,8	7,5	53,1	2,3	9,9	425,8
Вінницька	13,4	10,8	13,9	16,5	13,2	32,2	5	9,9	199,7
Одеська	17,1	19,9	14,6	10,6	5,5	32,3	8,7	7,8	90,2
Кіровоградська	26,2	12,9	11,9	12,5	7,7	28,8	6,8	7,0	103,5
Запорізька	6,3	6,6	8,2	12,7	8,9	57,4	11,8	4,0	34,0
Чернівецька	16,7	17,6	15,3	15,3	10,2	25,0	0,6	0,9	157,3
Закарпатська	20,3	10	8,6	22,1	5,3	33,6	0,2	0,8	461,2
Разом	7,6	5,7	8,0	12,4	12,3	53,9	34,7	2 180,4	6 282,2

Визначено, що зі збільшенням рівня опадів (середня багаторічна норма) упродовж пожежонебезпечного періоду зменшуються горимість лісів ($r = -0,84$; $p = 0,05$) (рис. 5) і щільність пожеж. Для цих розрахунків використано середні багаторічні дані з метеостанцій у регіонах України (кліматична норма за 1960–1991 рр. (Climatic Cadastre of Ukraine 2006)) та обраховано середні значення за метеостанціями кожного з регіонів.

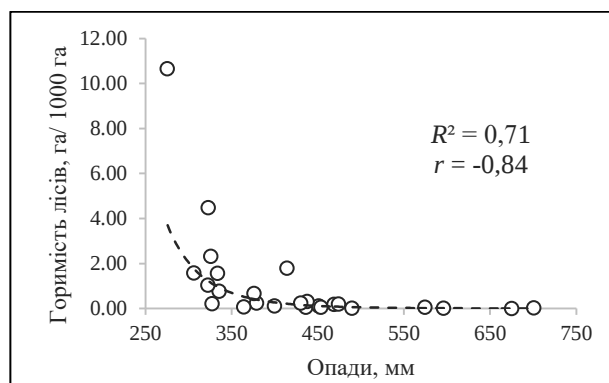
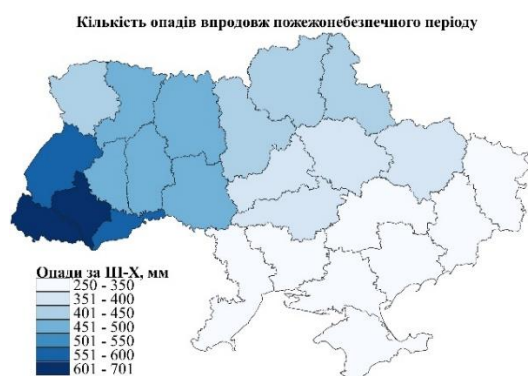


Рис. 5 – Залежність горимості лісів (дані горимості лісів за період 2007–2019 рр.) від кількості опадів упродовж пожежонебезпечного періоду

Виявлено, що в міру збільшення температури повітря впродовж пожежонебезпечного періоду збільшується горимість лісів ($r = 0,77$; $p = 0,05$) (рис. 6). Це виразно визначено в південно-східних регіонах України, для яких характерною є значна частка соснових лісів (Херсонська, Луганська та Донецька області).

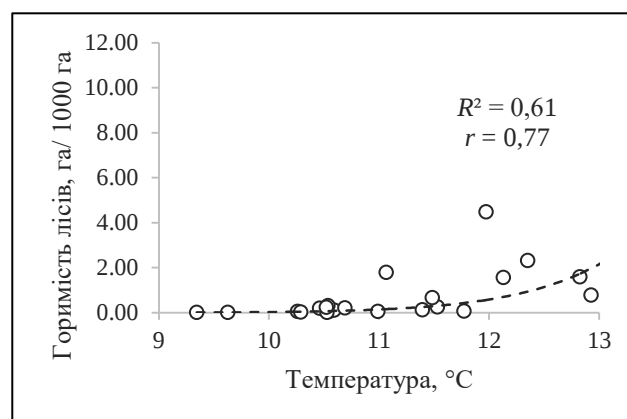
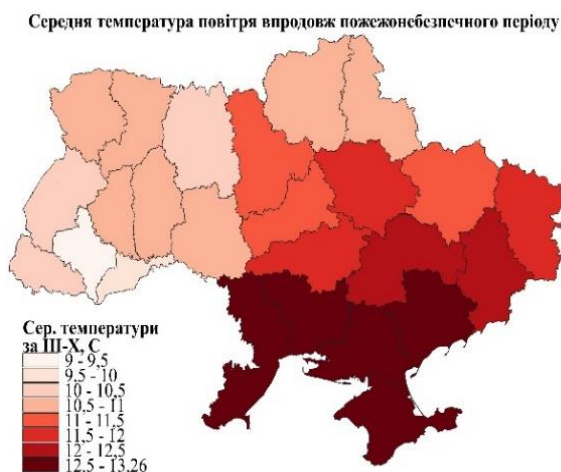


Рис. 6 – Залежність горимості лісів (дані горимості лісів за період 2007–2019 рр.) від середньої температури повітря впродовж пожежонебезпечного періоду

За статистичними даними з вини населення виникає 85–98 % випадків пожеж. На 10-кілометрову зону навколо міст і селищ припадають більшість лісових пожеж. Отже, у густонаселених регіонах країни є більшими ризики виникнення ландшафтних пожеж, зокрема лісових. За офіційними статистичними даними найбільш густонаселеними областями України є Донецька, Львівська, Чернівецька та Дніпропетровська області.

Проведено узгодження показника щільності населення з показниками лісистості та отримано показник щільності населення на кожні 1 000 га лісу (рис. 7), який має тісніші зв'язки ($r = 0,71$; $p = 0,05$) зі щільністю лісових пожеж і може бути використаний як один із додаткових критеріїв оцінювання пожежних ризиків.

Із урахуванням подальшого посилення урбанізаційних процесів особливу увагу потрібно приділити профілактичним протипожежним заходам у лісах зелених зон і в рекреаційно-оздоровчих лісах, які за умови зміни клімату перебуватимуть під значним впливом несприятливих погодних умов, рекреаційним, техногенним і пірогенним тиском.

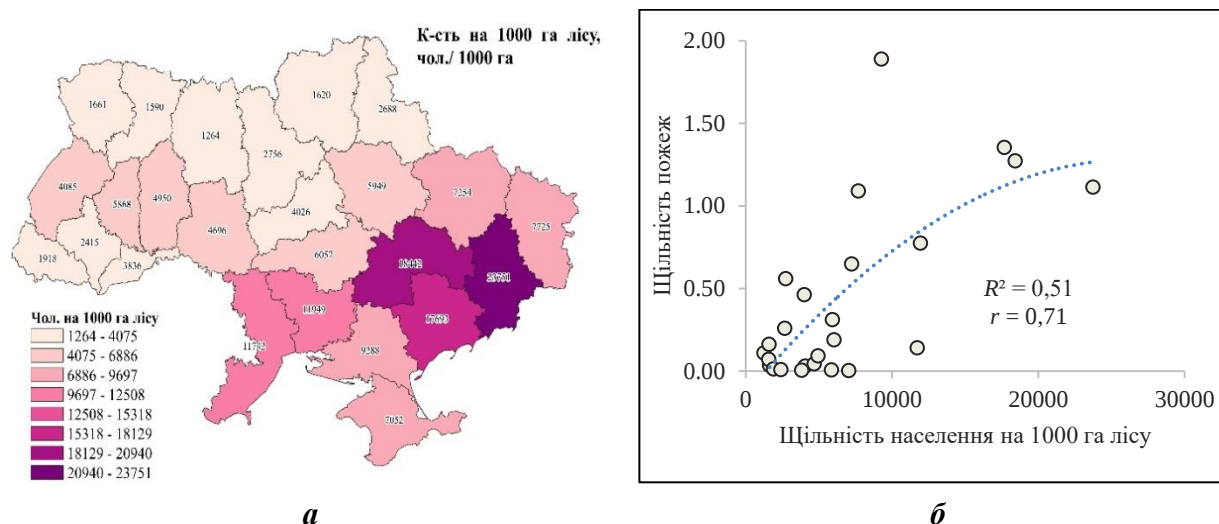


Рис. 7 – Розподіл щільності населення на 1 000 га лісового фонду (а) та залежність щільності пожеж від щільності населення (б)

Також як можливі індикатори соціально-економічної складової пожежних ризиків було протестовано такі змінні, як кількість і щільність сільського населення, щільність автомобільних шляхів, щільність залізничних колій. Виявлено, що як достовірний індикатор пожежної небезпеки можливо використовувати лише щільність залізничних колій км/км² ($r = 0,55$, $p = 0,05$), тоді як кількість і щільність сільського населення необхідно враховувати в контексті додаткового забезпечення захисту населених пунктів, що межують із лісовими ділянками. Поблизу таких населених пунктів потрібно забезпечити додаткові протипожежні профілактичні заходи.

Важливість забезпечення інформаційної підтримки щодо локалізації центрів горіння та моделювання їхньої трансформації й переміщення під дією природних і соціально-економічних чинників дасть змогу ефективніше реагувати на можливі загрози та раціонально планувати протипожежні заходи. Використання ландшафтного підходу для оцінювання ризиків, пов'язаних із природними пожежами, забезпечить лісовому господарству ці переваги. Зважаючи на те, що пожежі часто виникають поза межами лісів, швидко поширюючись на території лісових масивів та трансформуючись із низових в особливо великі верхові пожежі, саме розуміння та глибокий аналіз пожежних режимів конкретних територій є першим кроком для розбудови ефективної стратегії управління природними пожежами за умов клімату, що змінюється.

Виявлено, що часовий розподіл лісових пожеж та інших ландшафтних пожеж на прикладі Лівобережного Лісостепу суттєво різняться (рис. 8). Для лісових пожеж визначено два піки горимості: травень і серпень-вересень, хоча значна кількість пожеж трапляється впродовж усього пожежонебезпечного періоду. Натомість для пожеж у відкритих ландшафтах ці піки є більш виразними (березень-квітень і серпень-вересень). Причиною є відмінності у типах, кількісних та якісних характеристиках рослинних горючих матеріалів. Весняний пік у ландшафтах із переважанням травостоїв розпочинається з кінця лютого, коли сходять сніговий покрив. У цей період відмерла торішня трава, яка є легкозаймистим горючим матеріалом, швидко висихає й набуває пірологічної стиглості. Пожежна небезпека ландшафтів зберігається до кінця квітня – початку травня, доки виростає достатній обсяг нової трави із значним вмістом вологи, що відіграє роль бар'єра для поширення та виникнення пожеж. Таким чином, від середини травня до середини липня у ландшафтах відзначено найнижчий рівень пожежної небезпеки. У міру проходження фенологічних фаз надґрунтовий покрив висихає, і пожежна небезпека знову зростає, починаючи із середини липня. Отже, наведена інформація дає можливість готувати наявні сили та засоби, зважаючи на часовий розподіл пожеж.

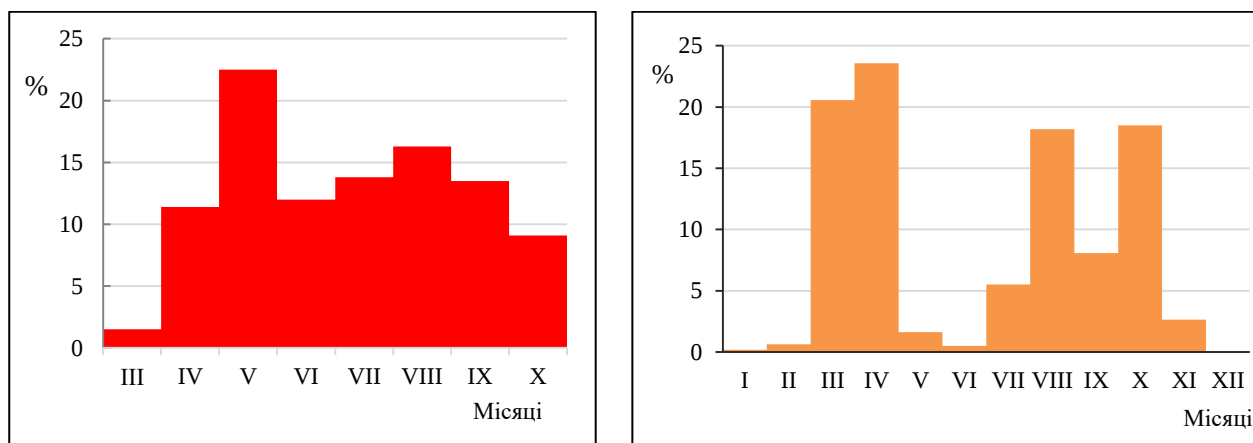


Рис. 8 – Розподіл кількості випадків лісових пожеж за місяцями (ліворуч) і ландшафтних пожеж за даними MODIS (2006–2019) (праворуч)

На період від другої декади травня до третьої декади червня виникає лише 0,5–1,6 % від усіх пожеж, що пов'язане з розвитком надгрунтового покриву та найбільшим умістом води в ньому у цей період. Таким чином, виникнення пожеж на ділянках, де основним провідником горіння є трав'яна рослинність, зводиться нанівець, оскільки в цей період вміст води в рослинах надгрунтового покриву може сягати 300 %, що є значною перешкодою для виникнення та поширення пожеж. Проаналізувавши зміни індексів вегетації впродовж пожежонебезпечного сезону, підтверджено найвищі значення індексів *NDVI* саме впродовж червня (рис. 9).

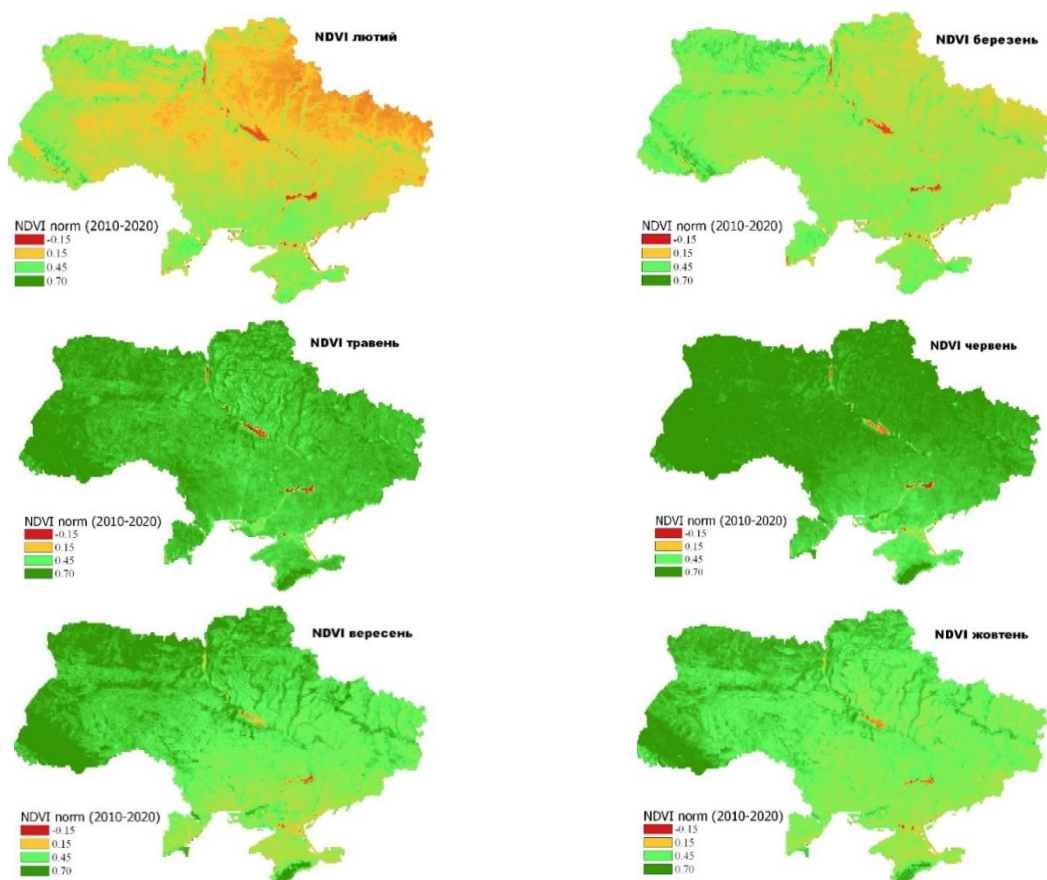


Рис. 9 – Обраховані середні багаторічні показники індексів вегетації (*NDVI*) за місяцями (норми – усереднені дані за кожен із місяців упродовж 2007–2019 рр.)

Виявлено природні й соціально-економічні індикатори, що впливають на підвищення пожежних ризиків, створено тематичні шари (растрові й векторні мапи) за щомісячними індексами вегетації та низку інших тематичних шарів (топографічних, біофізичних, кліматичних, природних), які надалі будуть використані для комплексного оверлейного аналізу та розбудови на їхній основі лісопожежного районування України.

Висновки. Визначено найбільш пожежонебезпечні регіони, до яких належать Херсонська, Луганська, Київська, Донецька, Запорізька та Дніпропетровська області. Ця інформація забезпечує базу для подальшого аналізу кліматичних, соціально-економічних і природних чинників, які підвищують ризик виникнення пожеж.

Виявлено, що усереднені класи природної пожежної небезпеки не є достовірним індикатором для визначення пожежних ризиків; такі підходи до оцінювання природної пожежної небезпеки мають бути переглянуті та науково обґрунтовані.

Визначено, що основними чинниками, які мають найбільший вплив на підвищення пожежної небезпеки, є: щільність населення, частка соснових лісів, норма за кількістю опадів упродовж пожежонебезпечного сезону, норма за середніми температурами впродовж пожежонебезпечного періоду.

Ця робота є основою, яка забезпечить надалі розроблення лісопожежного районування на базі створених попередньо тематичних шарів (растрових і векторних датасетів) за чинниками, що мають прямий чи опосередкований вплив на підвищення пожежних ризиків.

ПОСИЛАННЯ – REFERENCES

Alberdi Asensio, I., Baycheva-Merger, T., Bouvet, A., Bozzano, M., Caudullo, G., Cienciala, E., Corona, P., Domínguez Torres, G., Houston-Durrant, T., Edwards, D., Estreguil, C., Ferreti, M., Fischer, U., Freudenschuss, A., Gasparini, P., Godinho Ferreira, P., Hansen, K., Hiederer, R., Inhaizer, H., Jellesmark Thorsen, B., Jonsson, R., Kastenholz, E., Kleinschmit von Lengfeld, A., Köhl, M., Korhonen, K., Koskela, J., Krumm, F., Lanz, A., Lasserre, B., Levet, A.-L., Li, Y., Lier, M., Mallarach Carrera, J. M., Marchetti, M., Martínez de Arano, I., Michel, A., Moffat, A., Nabuurs, G.-J., Oldenburger, J., Parviainen, J., Pettenella, D., Prokofieva, I., Quad, V., Rametsteiner, E., Rinaldi, F., Sanders, T., San-Miguel-Ayanz, J., Schuck, A., Seidling, W., Solberg, B., Sotirov, M., Ståhl, G., Tomé, M., Toth, G., van Brusselen, J., Verkerk, H., Vítková, L., Weiss, G., Wildburguer, C., Winkel, G., Zasada, M., Zingg, A. 2015. State of Europe's forests 2015. [Electronic resource]. Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe (FOREST EUROPE). Madrid, Spain. Available at: <https://foresteurope.org/state-europes-forests-2015-report/> (accessed 23.11.2020).

Asenova, M. 2018. Assessment and mapping of forest fire risk using GIS: a case study of Bulgaria. In: Bandrova, T., Konečný, M. (Eds). Proceedings, 7th International Conference on Cartography and GIS, 18–23 June 2018, Sozopol, Bulgaria. Vol. 2, P. 978–986.

Climatic Cadastre of Ukraine. 2006. [Electronic resource]. [Kosovets, O. O., Kulbida, M. M., Heyko, L. A., et al.]. 80 min/700 MB. Kyiv, State Meteorological Agency, Derzhavna hidrometsluzhba, Ukrainian Hydrometeorological Institute, Central Geophysical Observatory. (CD-ROM); 12 cm. System requirements: Pentium-266 ; 32Mb RAM ; CD-ROM Windows 98/2000/NT/XP. (in Ukrainian).

De Rigo, D., Bosco, C., San-Miguel-Ayanz, J., Houston Durrant, T., Barredo, J. I., Strona, G., Caudullo, G., Di Leo, M., Boca, R. 2016. Forest resources in Europe: an integrated perspective on ecosystem services, disturbances and threats. [Electronic resource]. In: San-Miguel-Ayanz, J., de Rigo, D., Caudullo, G., Houston Durrant, T., Mauri, A. (Eds.). European Atlas of Forest Tree Species. Publ. Off. EU, Luxembourg, p. e015b50+. Available at: <https://w3id.org/mtv/FISE-Comm/v01/> (accessed 23.11.2020).

De Rigo, D., Libertà, G., Houston Durrant, T., Artés Vivancos, T., San-Miguel-Ayanz, J. 2017. Forest fire danger extremes in Europe under climate change: variability and uncertainty. EUR 28926 EN, JRC108974. Luxembourg, Publications Office of the European Union, 71 p. DOI: 10.2760/13180.

Didan, K. 2015. MOD13C2 MODIS/Terra Vegetation Indices Monthly L3 Global 0.05Deg CMG V006 [Data set]. NASA EOSDIS Land Processes DAAC. <https://doi.org/10.5067/MODIS/MOD13C2.006>.

Giglio, L., Boschetti, L., Roy, D. P., Humber, M. L., Justice, C. O. 2018. The Collection 6 MODIS burned area mapping algorithm and product. [Electronic resource]. Remote Sensing of Environment, 217: 72–85. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425718303705> (accessed 23.11.2020).

Public report of the State Forest Resources Agency of Ukraine 2019. [Electronic resource]. Available at: <http://komekolog.rada.gov.ua/uploads/documents/35328.pdf> (accessed 14.12.2020) (in Ukrainian).

State Statistics Service of Ukraine. M. V. Ptukha Institute of Demography and Social Research of the National Academy of Sciences of Ukraine. Demographics. 2020. [Electronic resource]. Available at:

http://database.ukrcensus.gov.ua/Mult/Database/Population/databasetree_no_uk.asp (accessed 23.11.2020) (in Ukrainian).

Tarpley, J. D., Schneider, S. R., Money, R. L. 1984. Global vegetation indices from the NOAA-7 meteorological satellite. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 23: 491–494.

Usenia, V. V., Hordei, N. V., Katkova, E. N. 2017. Improving the forest fire zoning of the territory of Belarus. *Proceedings of BSTU. Series 1: Forestry, Nature Management and Renewable Resources Processing*, 2 (198): 115–121 (in Russian).

Sydorenko S. H., Sydorenko S. V.

ANALYSIS OF FIRE RISKS IN UKRAINIAN FORESTS AS A PREREQUISITE FOR A NATIONAL FOREST-FIRE ZONING

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

In recent decades, particularly large forest fires have become more frequent in the world which causes unprecedented environmental, social and economic damage. One of the ways to reduce the risks of such fires is to provide scientifically reasonable amount of work on fire prevention, based on assessing fire risks and specifying the most vulnerable areas. The study estimates fire density of Ukrainian forests in a regional aspect. Spatial and temporal features of forest and landscape fires, fire regimes and the relationship of these indicators with a number of social, economic, climatic and natural factors have been determined. It is proposed to expand the created collection of thematic layers compatible with GIS systems built using the main topographic, climatic, natural and socio-economic variables which account for an increase of fire risk at the level of forests and natural landscapes. The findings will be used in the development of forest-fire zoning of Ukraine.

Key words: forest fires density, fire risks, pine forests, fire hazard.

E-mail: serhii88sido@gmail.com

Одержано редколегією: 26.11.2020

**ДИНАМІКА РІВНЯ ҐРУНТОВИХ ВОД У ДУБОВИХ НАСАДЖЕННЯХ
ЛІСОАГРАРНОГО СТАЦІОНАРУ**

ДП «МАРІУПОЛЬСЬКА ЛІСОВА НАУКОВО-ДОСЛІДНА СТАНЦІЯ»

¹Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького

²ДП «Маріупольська лісова науково-дослідна станція»

Проведено аналіз динаміки рівня ґрунтових вод (РГВ) у межах водозбору лісоаграрного стаціонару ДП «Маріупольська лісова науково-дослідна станція» Волноваського району Донецької області на п'яти стаціонарних свердловинах за період із січня 2000 р. до серпня 2014 р. та з жовтня до грудня 2020 р. На вододілі ґрунтові води залягають найглибше та мають найменшу амплітуду коливання рівня, у балці – найближче до поверхні. Сезонні коливання рівня ґрунтових вод характеризуються поступово-прогресивним підняттям рівня з лютого до червня-серпня та його максимальним значенням у період активної вегетації деревно-чагарникової рослинності. Визначено циклічність у ритмі коливання РГВ та тенденції до його зниження. Виявлено тісний кореляційний зв'язок між РГВ та середньою за період місячної температурою повітря, зв'язок середньої сили – між РГВ та кількістю опадів у попередній рік. Зниження РГВ загострює прояви патологічного всихання лісів у регіоні.

Ключові слова: амплітуда коливання рівня ґрунтових вод, метеорологічні чинники, водозбір, лісова гідрологія.

Вступ. В умовах глобальних екологічних викликів сучасного світу, зумовлених проблемами зміни клімату, опустелювання, деградації земель, прогресивних проявів усихання лісів надзвичайно важливим є стан водних ресурсів та його взаємозв'язок із іншими чинниками довкілля.

Світова спільнота наголошує на важливості збереження та відновлення водних ресурсів, про що свідчать резолюції Всесвітнього форуму з водних ресурсів у містах Кіото (2003), Мехіко (2006), Стамбулі (2009), Марселі (2012), Тегу (2015), Бразиліа (2018), сесії з лісових і водних ресурсів у рамках 35-ї сесії Європейської комісії по лісівництву у Лісабоні (2010) та ін. Залісені водозбірні площі регулюють режим водопостачання для різноманітних потреб народного господарства регіонів. Вивчення взаємозв'язку між лісами й водою має бути віднесено до найпріоритетніших питань (Calder et al. 2007). Необхідно поглиблювати знання про взаємодію між лісовою рослинністю й водним режимом території, розширювати можливості лісової гідрології.

Моніторинг стану підземних вод в Україні як одного з найважливіших компонентів довкілля проводять відповідно до вимог Водного кодексу України (Water Code of Ukraine 1995).

Наукові дослідження в галузі лісової гідрології підтверджують важливу роль лісового покриву в забезпеченні якості води. На водний режим лісів впливають насамперед кліматичні та ґрунтові умови. У зв'язку з інтенсивнішим випаровуванням ліси споживають більше води, ніж трав'яниста рослинність, мають низькі показники поверхневого стоку, поповнення ґрунтових вод і з водовіддавання (Calder et al. 2007). Водозатримувальна функція лісу залежить від виду, кількості та інтенсивності опадів, видового складу насадження, його структури й віку (Chaboun et al. 2015).

Ґрунтові води утворюються від просочування в ґрунт дощових і талих вод. Рівень підземних вод змінюється під впливом насаджень, метеорологічних умов, гідрологічного режиму водоймищ, антропогенних та інших факторів. Існують сезонні, річні та багаторічні коливання рівня ґрунтових вод (Proezdov & Mashtakov 2008, Davybida & Kuzmenko 2011, Koshliakov 2013, State of groundwater 2018).

Згідно з дослідженнями О. В. Котовича (Kotovych 2014), у байрачних лісах степового Придніпров'я річна динаміка рівня ґрунтових вод (РГВ) має періоди зимово-весняного підйому, весняно-осіннього спаду й осіннього підйому. У цих умовах для лісових

біогеоценозів ґрунтові води часто є недоступними через значну глибину залягання та амплітуду коливання, основою прибуткової частини їхнього водного балансу є ґрунтова волога та атмосферні опади.

На стан лісів у посушливих умовах негативно впливає зниження РГВ (Fomin & Vovk 2008), в умовах заболочення – його підвищення (Piatetskiy 1959).

Особливо актуальним це питання є для маловодної Донецької області. Основні риси гідрографічної сітки на території регіону зумовлені впливом комплексу фізико-географічних факторів, серед яких першочергову роль відіграють рельєф, кліматичні умови, геологічна будова й особливості гідрогеології, а також наявність значної кількості воронкоподібних депресивного характеру, які утворилися внаслідок відкритого видобутку корисних копалин.

У зоні досліджень вивчення динаміки руху ґрунтових вод розпочато корифеєм степового лісорозведення Г. М. Висоцьким (Protective afforestation 1983), у 70-ті роки минулого століття продовжено А. Г. Міховичем та О. Н. Макаренком (Mikhovich & Makarenko 1964).

Актуальність досліджень визначається доцільністю встановлення сучасних синергетичних зв'язків між динамікою змін РГВ, метеорологічними чинниками та проявами патологічного всихання лісів регіону (Borodavka 2009, Solomakha & Korotkova 2019).

Метою роботи є дослідження динаміки рівня ґрунтових вод на водозборі лісоаграрного стаціонару ДП «Маріупольська лісова науково-дослідна станція» (ДП «Маріупольська ЛНДС») під впливом лісових насаджень та її взаємозв'язку з кліматичними умовами.

Матеріали й методи. Спостереження за режимом ґрунтових вод проводили в свердловинах, облаштованих у дубових насадженнях та на їхніх межах із сільськогосподарськими угіддями на водозборі лісоаграрного стаціонару ДП «Маріупольська ЛНДС» (табл. 1, рис. 1) за період із січня 2000 р. до серпня 2014 р. та із жовтня до грудня 2020 р. Ця територія є водозбором річки Суха Волноваха (притока річки Мокра Волноваха, яка впадає у річку Кальміус), басейну річок Приазов'я (Азовського моря).

Таблиця 1

**Коротка характеристика
розташування свердловин**

№ свердловини	Координати	Висота над рівнем моря, м	Елементи рельєфу	Розташування на місцевості
1	47°39'43"N 37°29'33"E	249	схил	кв. 19
2	47°39'36"N 37°29'40"E	252	вододіл	кв. 19
3	47°39'50"N 37°29'13"E	247	балка	кв. 66
4	47°39'39"N 37°29'24"E	254	вододіл	межа кв. 64 та поля № 12
5	47°39'46"N 37°29'46"E	247	середина водозбору	межа кв. 42 та поля № 14



Рис. 1 – Схема розташування свердловин для спостереження за рівнем ґрунтових вод

Ґрунти на ділянці представлені чорноземами звичайними на лесоподібних суглинках.

Вимірювання РГВ проводили за допомогою спеціальної мірної стрічки з хлопавкою. Використано показники (кількість опадів, температура повітря) метеорологічної станції ДП «Маріупольська ЛНДС» (табл. 2).

Таблиця 2

**Місячні суми опадів та середньомісячні температури повітря
за даними метеорологічної станції ДП «Маріупольська ЛНДС»**

Місяць	Кількість опадів за роками, мм														Середня температура повітря, °С
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
Січень	58,3	31,9	19,0	55,9	141,2	73,1	32,3	73,5	33,1	39,3	102,2	39,5	44,4	105,4	-4,0
Лютий	17,3	48,8	18,6	49,2	142,2	33,6	57,2	13,2	9,2	94,1	39,0	40,4	31,7	4,1	-3,8
Березень	120,8	57,6	55,0	35,3	18,6	36,1	75,8	22,2	39,4	104,6	17,2	23,9	39,4	66,3	1,9
Квітень	14,0	64,5	22,1	30,5	5,2	23,1	38,5	43,5	117,4	1,2	25,5	52,6	17,0	33,5	9,9
Травень	47,2	57,8	15,0	1,8	40,9	1,9	29,9	37,3	39,2	89,7	125,0	55,5	60,6	44,4	16,4
Червень	72,9	139,1	20,3	78,0	136,9	44,3	76,5	22,7	52,0	6,0	19,3	127	31,5	36,1	20,1
Липень	10,8	32,4	22,1	106,7	68,8	58,6	35,0	6,2	85,5	91,4	110,4	12,1	26,2	10,2	22,0
Серпень	146,5	31,9	32,7	81,3	121,6	8,1	23,7	75,0	14,0	9,7	0,8	15,9	88,4	63,8	22,0
Вересень	65,8	45,5	82,8	6,6	45,4	22,0	19,1	40,1	49,8	28,5	45,0	22,1	25,7	109	15,0
Жовтень	27,5	17,5	33,1	42,1	36,0	26,7	25,2	4,9	15,2	47,2	62,1	41,8	10,5	83,7	9,2
Листопад	21,5	81,7	46,0	49,4	45,1	74,6	62,4	38,0	23,5	54,1	27,7	11,3	4,8	4,9	3,3
Грудень	28,2	43,5	21,2	22,2	66,9	79,8	7,1	24,6	31,5	114,9	109,1	45,3	64,2	16,5	-2,3
Сума	630,8	652,2	387,9	559	868,8	481,9	482,7	401,2	509,8	680,7	683,3	487,4	444,4	577,9	–
Середня температура повітря, °С	9,1	9,0	9,4	7,9	9,1	9,1	8,6	9,3	9,6	9,6	10,1	8,3	9,6	10,1	9,2

Свердловини розташовані у дубових лісових насадженнях віком 90–122 роки, нижче наведено результати їхнього обстеження.

Семирядну полезахисну смугу **кв. 19** площею 0,8 га було закладено Г. М. Висоцьким у 1896 р., тип лісорослинних умов (ТЛУ) – D₁БКД. Насадження має склад 10Дз+Яз, середню висоту 20,4 м, середній діаметр – 42,3 см. Унаслідок сільватизації сформовано густе узлісся, яке складається з ясена зеленого (*Fraxinus lanceolata* Borkh.), клена татарського (*Acer tataricum* L.), клена гостролистого (*Acer platanoides* L.), глода колючого (*Crataegus oxyacantha* L.). У середині насадження розташована свердловина № 2, а свердловина № 1 – на узліссі (межа з полем № 12).

Масивне насадження **кв. 66** площею 4,5 га створено Д. К. Крайневим у 1930 р. у ТЛУ D₂БКД. Поверхня рівна з незначним південно-західним схилом. Насадження має склад 8Дз2Гз, підлісок рідкий із бузини чорної (*Sambucus nigra* L.), клена татарського, бирючини звичайної (*Ligustrum vulgare* L.), бруслини європейської (*Euonymus europaeus* L.), наявний підріст ясена звичайного (*Fraxinus excelsior* L.), клена гостролистого. Середня висота дуба звичайного (*Quercus robur* L.) – 26 м, середній діаметр – 33,5 см, середня висота граба звичайного (*Carpinus betulus* L.) – 15 м, середній діаметр – 14,2 см. Свердловина № 3 розташована в насадженні.

Насадження **кв. 64** створено в 1930 р. у ТЛУ D₂БКД на площі 2,2 га. Поверхня рівна. Насадження має склад 8Дз2Клг. Середня висота дуба становить 24 м, середній діаметр – 27 см. Клен гостролистий сягає середньої висоти 17 м, середній діаметр – 20 см. Свердловина № 4 розташована на узліссі (межа з полем № 12).

Насадження **кв. 42** (полезахисна смуга завширшки 30 м) площею 2,7 га створено Г. М. Висоцьким у 1904 р. Поверхня рівна з незначним схилом північної експозиції, ТЛУ – D₁БКД. Склад насадження 7Дз3Яз. Середня висота дуба та ясена звичайного – 20,0 м, середній діаметр дуба – 38,5 см, ясена – 29,3 см. Підріст рідкий із клена гостролистого та ясена звичайного. Свердловина № 5 розташована на узліссі (межа з полем № 14).

Польові матеріали оброблено методом варіаційної статистики та кореляційного аналізу за допомогою прикладних програм Excel (Dosprekhov 1985).

Результати та обговорення. У порядку зменшення глибини залягання ґрунтових вод за період 2000–2014 рр. свердловини розташовуються таким чином: № 2, 4, 1, 5, 3.

Найнижчий РГВ зафіксовано у **свердловині № 2**, розташованій на вододілі. Тут РГВ за період безперервних спостережень коливався від 1 023 до 1 342 см (амплітуда 319 см). Найвищий рівень зафіксовано в період червень – серпень 2014 р., найнижчий – у період із листопада 2003 р. до квітня 2004 р. (рис.2).

Згідно із середньобагаторічними значеннями, найнижчий РГВ упродовж року спостерігали в лютому та квітні (у березні рівень дещо піднімається). Поступове підвищення рівня триває до серпня, і відбувається різке падіння до вересня. Упродовж наступних двох місяців наявна тенденція до підвищення рівня. Рівень ґрунтових вод у грудні досягає вересневого показника (рис. 3).

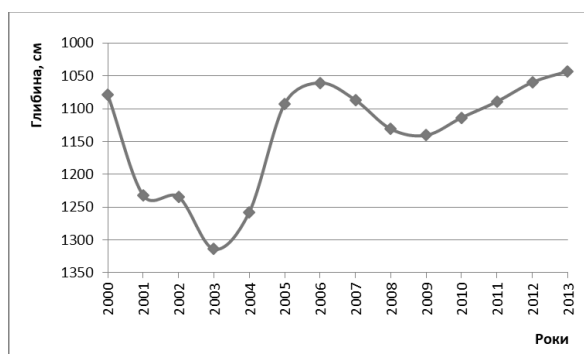


Рис. 2 – Коливання РГВ у період 2000–2013 рр. (свердловина № 2)

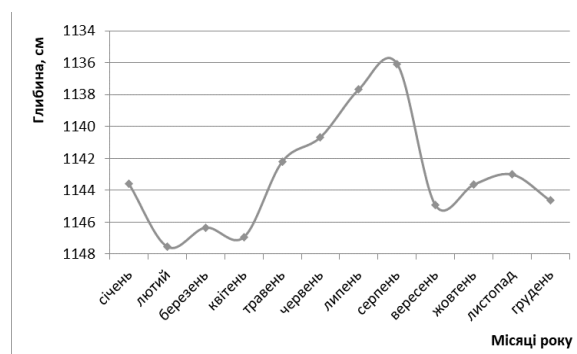


Рис. 3 – Помісячна динаміка РГВ у середньому за весь період (свердловина № 2)

Рівень ґрунтових вод у **свердловині № 4**, розташованій на вододілі, на межі насадження та поля, коливається в межах 679–1 190 см (амплітуда 511 см). Найвищий рівень зафіксовано у березні – серпні 2005 р., найнижчий – у період із вересня 2008 р. до травня 2009 р. (рис. 4).

Сезонні зміни рівня ґрунтових вод мають такий характер: найнижчим рівень є в січні, потім відбувається поступове підняття ґрунтових вод, яке сягає максимуму в липні – серпні, згодом рівень знижується (рис. 5).

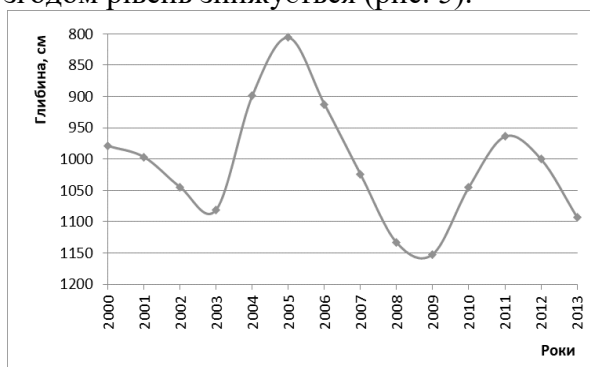


Рис. 4 – Коливання РГВ у період 2000–2013 рр. (свердловина № 4)

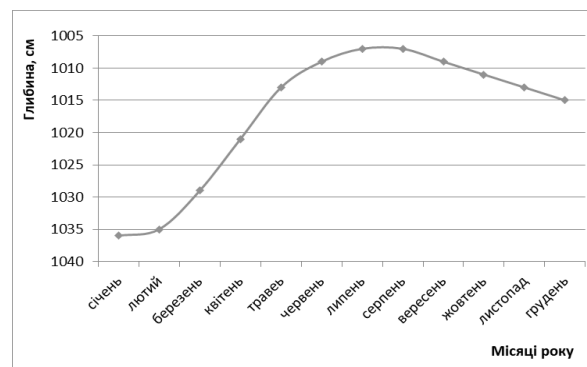


Рис. 5 – Помісячна динаміка РГВ у середньому за весь період (свердловина № 4)

Амплітуда коливань рівня ґрунтових вод у **свердловині № 1** (середина полезахисної смуги, схил) за період багаторічних спостережень становила 462 см (752–1 214 см). Найвищий РГВ за цей час зафіксовано у травні – жовтні 2005 р., найнижчий – у період із грудня 2008 р. до квітня 2009 р. (рис. 6).

Сезонні коливання відзначаються найнижчим рівнем залягання в лютому – березні та постійно-прогресивним підвищенням до 1 005 см і його стабілізацією впродовж вересня – листопада. У грудні рівень знижується до серпневого значення. Слід зазначити, що в період

серпень – грудень різниця між значеннями становила лише 1 см (рис. 7), тому цей проміжок часу можна вважати тривалістю стояння.

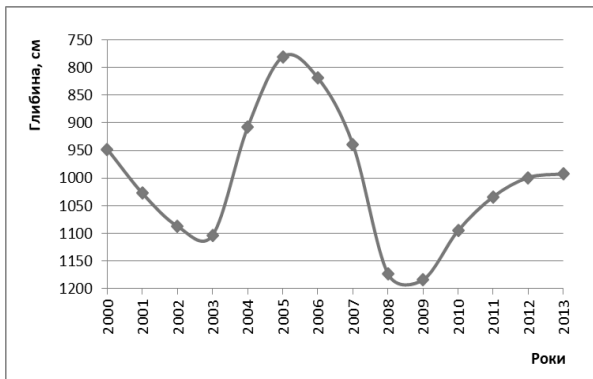


Рис. 6 – Коливання РГВ у період 2000–2013 рр. (свердловина № 1)

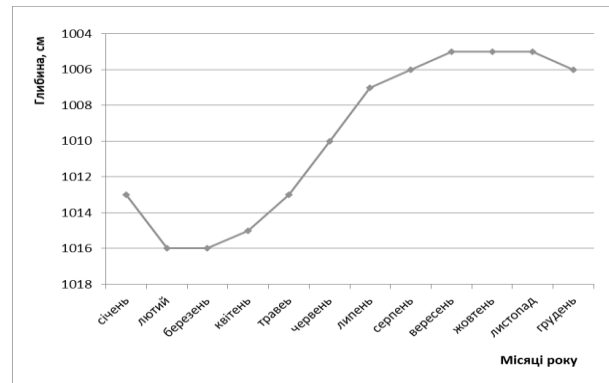


Рис. 7 – Помісячна динаміка РГВ у середньому за весь період (свердловина № 1)

Амплітуда коливань рівня ґрунтових вод **свердловини № 5**, розташованої на межі насадження та поля на середині водозбору, становить від 461 до 1 220 см (759 см). Найвищий РГВ зафіксовано в період квітень – червень 2005 р., найнижчий – у період із жовтня 2013 р. до травня 2014 р. (рис. 8). Сезонні коливання рівня характеризуються його різким зниженням у період січень – лютий та утриманням низького рівня у березні. З березня до серпня відбувається підняття рівня ґрунтових вод, далі знову триває період стабільного рівня та з вересня зафіксовано його поступове зниження (рис. 9).

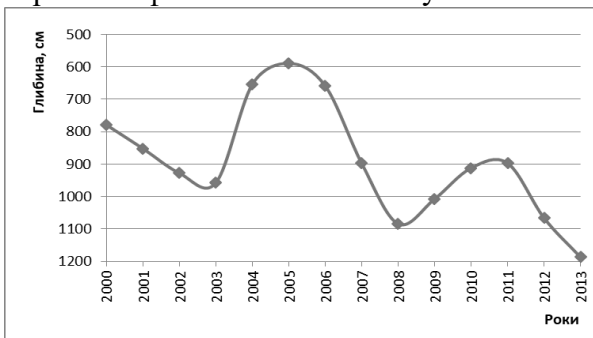


Рис. 8 – Коливання РГВ у період 2000–2013 рр. (свердловина № 5)

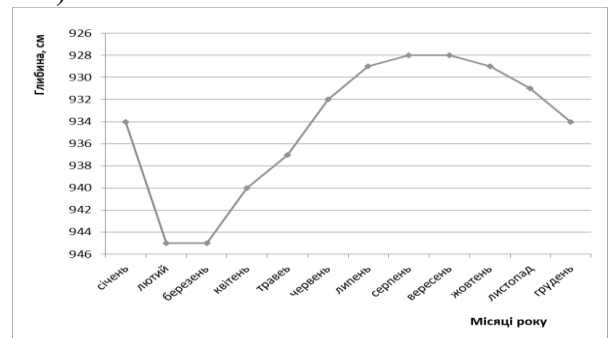


Рис. 9 – Помісячна динаміка РГВ у середньому за весь період (свердловина № 5)

Амплітуда коливань рівня ґрунтових вод **свердловини № 3** (балка) має показники 464–898 см (434 см). Найвищий РГВ спостерігали в період березень – червень 2005 р., найнижчий – у лютому 2009 р. (898 см), квітні 2014 р. (897 см), серпні 2013 р. (897 см) (рис. 10).

Сезонний режим рівня характеризується поступовим підвищенням від січня до червня, стабільним рівнем у період до липня і поступовим зниженням до листопада (рис. 11).

Отже, найглибше ґрунтові води залягають на вододілі (тут зафіксовано й найстабільнішу амплітуду коливання рівня), найближче до поверхні – у балці. Найбільшу різницю між максимальним та мінімальним значенням рівня ґрунтових вод відзначено у свердловині № 5 (майже 760 см). Ця свердловина розташована на східному узліссі основної полезахисної смуги. Тут узимку з навітряного боку накопичується значна кількість снігу, а в теплу пору року – це зона прямої сонячної інсоляції.

Одним із важливих режимоутворювальних чинників РГВ є кількість опадів. За період безперервних спостережень виявлено кореляційний зв'язок середньої сили між РГВ та кількістю опадів, які випали в попередньому році ($r = 0,6$; $t_{\text{факт.}} = 2,60$; $t_{\text{теор.0,05}} = 2,16$). Зазвичай підвищення або зниження РГВ корелює з динамікою кількості опадів із

запізнень на рік. За досліджуваний період найбільшу кількість опадів зафіксовано у 2004 р. (868,8 мм), у 2005 р. спостерігалось максимальне підняття РГВ (рис. 12). Найнижчий РГВ відзначено у 2008 р., якому передував рік із мінімальною кількістю опадів (401,2 мм). Ці висновки узгоджуються з результатами досліджень Г. Р. Эйтингена (Eitingen 1946). Помітні циклічність у ритмі коливання РГВ (5–6 років) та тенденції до зниження рівня.

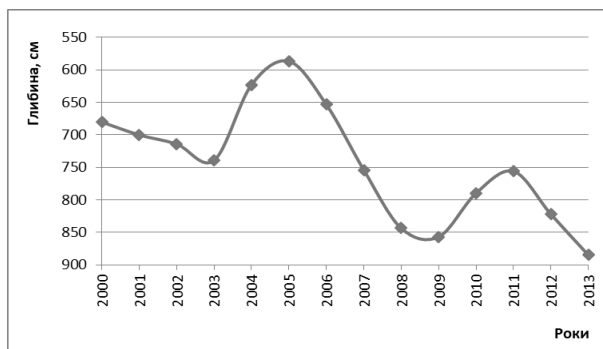


Рис. 10 – Коливання РГВ у період 2000–2013 рр. (свердл. № 3)

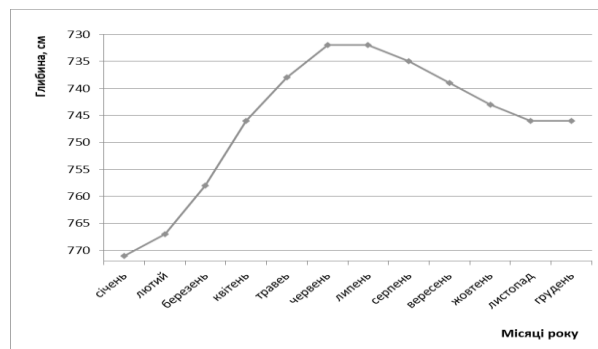


Рис. 11 – Помісячна динаміка РГВ у середньому за весь період (свердл. № 3)

Аналізом узагальнених даних щодо динаміки режиму коливання рівня ґрунтових вод упродовж року по всіх свердловинах за період багаторічних досліджень встановлено, що підняття рівня відбувається поступово з лютого (рис. 13) і сягає максимуму в літні місяці в період активної вегетації деревно-чагарникової рослинності. У жовтні показник майже відповідає лютовому.

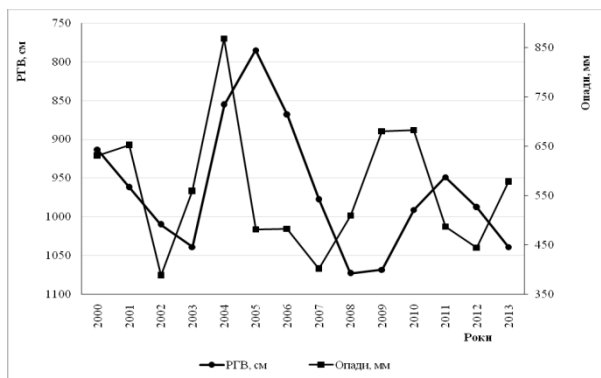


Рис. 12 – Динаміка РГВ та кількість опадів за роками

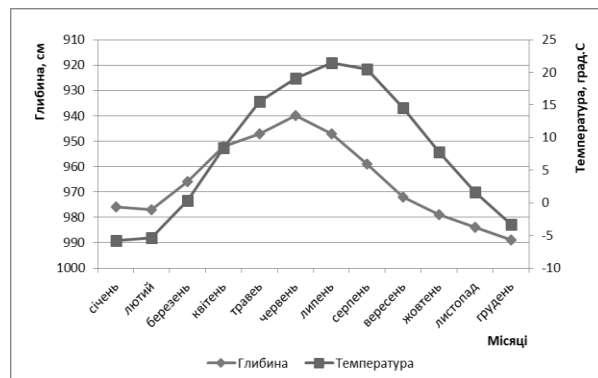


Рис. 13 – Середньомісячна динаміка РГВ та середня за період помісячна температура повітря

Виявлено тісний кореляційний зв'язок між РГВ та середньою за період місячної температурою повітря ($r = 0,8$; $t_{\text{факт.}} = 4,22$; $t_{\text{теор.0,05}} = 2,20$), що узгоджується з дослідженнями Ю. В. Кравцова (Kravtsov 2016).

У 2020 р. відновлено спостереження за рівнем ґрунтових вод на чотирьох пунктах обліку (свердловини № 1, 2, 4, 5). За осінньо-зимові місяці відзначено низький РГВ на всіх свердловинах (табл. 3).

Таблиця 3

Динаміка рівня ґрунтових вод на дослідних свердловинах у жовтні – грудні 2020 р.

№ свердловини	Рівень ґрунтових вод, см		
	Жовтень	Листопад	Грудень
1	1 018	1 040	1 045
2	1 334	1 355	1 460
4	1 370	1 390	1 391
5	1 230	1 253	1 250

Як порівняти з періодом безперервних спостережень, цей показник сягнув рекордно низьких значень на вододілі (свердловина № 2 – 1 460 см), на середині водозбору (свердловина № 4 – 1 390 см, свердловина № 5 – 1 250 см). Лише у свердловині № 1 РГВ був дещо вищим від мінімальної позначки, ніж у попередні роки (1 045 см проти 1 214 см). Низькими рівні могли бути і в період із вересня 2014 р. до вересня 2020 р., проте ці дані відсутні.

Отже, майже на всіх точках обліку збільшилась амплітуда коливань РГВ, найбільше – на свердловинах № 5 (на 300 см) та № 4 (на 200 см).

На режим підземних вод, і особливо на їхній рівень, істотно впливає гідрологічний режим поверхневих природних і штучних водоймищ, з якими підземні води мають взаємозв'язок (Vaganov et al. 2014). Наявна стійка тенденція до зниження рівня водяного дзеркала ставка, який знаходиться на території підприємства (рис. 14).



Рис. 14 – Зниження рівня води у водоймі на території підприємства

Тенденція до зниження РГВ негативно впливає на деревно-чагарникову рослинність. У дубових насадженнях підприємства відбуваються переважно патологічні процеси поступового всихання, слабого та середнього ступенів, поодинокого та групового характеру. У насадженні ялини звичайної *Picea abies* (L.) Karsten віком 35 років діагностовано швидкий, сильний та суцільний характер усихання, що зумовлено зниженням РГВ та біоекологічними характеристиками виду.

Висновки. Найглибше ґрунтові води залягають на вододілі (тут зафіксовано й найстабільнішу амплітуду коливання рівня), найближче до поверхні – у балці.

За період безперервних багаторічних спостережень найбільшу різницю між максимальним і мінімальним значеннями рівня ґрунтових вод відзначено у свердловині, розташованій на середині водозбору східного узлісся основної полязахисної смуги, де взимку з навітряного боку накопичується значна кількість снігу, а в теплу пору року – це зона прямої сонячної інсоляції.

Сезонні коливання РГВ упродовж року характеризуються поступово-прогресивним підняттям рівня з лютого до червня – серпня. За період безперервних багаторічних спостережень найвищий рівень ґрунтових вод зафіксовано у 2005 р., найнижчий – у 2008–2009 рр., помітно тенденцію до його зниження. Рекордно низький рівень ґрунтових вод відзначено в осінньо-зимовий період 2020 р.

Виявлено тісний кореляційний зв'язок між рівнем ґрунтових вод і середньобагаторічною місячною температурою повітря, зв'язок середньої сили – між рівнем ґрунтових вод і кількістю опадів у попередній рік.

Зниження рівня ґрунтових вод загострює прояви патологічного всихання лісів у регіоні.

У зв'язку з незначною тривалістю та перервою у періоді спостережень надалі необхідні додаткові дослідження для оцінювання подальшої динаміки рівня ґрунтових вод у дубових насадженнях лісоаграрного стаціонару ДП «Маріупольська ЛНДС».

ПОСИЛАННЯ – REFERENCES

- Borodavka, V. O. 2009. Periodic deforestation in the steppe zone: factors, manifestations, course, consequences and lessons learned. Donetsk, Tekhnopark, 65 p. (in Ukrainian).
- Calder, I., Hofer, T., Vermont, S., Warren, P. 2007. Towards a new understanding of forests and water. [Electronic resource]. *Unasylva*, 229(58): 3–10. Available at: <http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/010/a1598e/a1598e02.pdf> (accessed 07.12.2020).
- Chaboun, V., Sachkov, I., Barka, I., Parpan, V., Korzhov, V., Derbal, Yu. 2015. Forest management as a system to reduce the risk of floods. Practical guidelines. Publisher: Forest Research Institute, National Forest Center, Zvolen, 51 p. (in Ukrainian).
- Davybida, L. I. and Kuzmenko, E. D. 2011. Regularities of subsurface waters' levels dynamics and factors of its forming in the Dnipropetrovsk regions' territory. [Electronic resource]. *Geodynamics*, 1(10): 83–93. Available at: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/60571> (accessed 07.12.2020) (in Ukrainian).
- Dospekhov, B. A. 1985. Field experiment methodology. Moscow, Agropromizdat, 351 p. (in Russian).
- Eitingen, G. R. 1946. Forestry. Moscow, Gosudarstvennoe izdatelstvo selskokhozyaystvennoy literatury, 368 p. (in Russian).
- Fomin, V. I. and Vovk, T. P. 2008. Study of relations between condition of pine stands, dynamics of ground water level and meteorological factors. *Forestry and Forest Melioration*, 114: 148–151 (in Ukrainian).
- Koshliakov, O. I. 2013. Experience in organizing a system for monitoring groundwater levels in Kyiv based on a geoinformation approach. *ONU Bulletin. Ser.: Geographical and geological sciences*, 18, 1(17): 90–96 (in Ukrainian).
- Kotovych, O. V. 2014. The hydrological cycle in the ravine oak forests of steppe Prydniprovya. *Gruntoznavstvo*, 15: 1–2 (in Ukrainian).
- Kravtsov, Yu. V. 2016. Groundwater Level Intra-Annual Dynamics in the Ishim Steppe Chernozems. [Electronic resource]. *Research and Scientific Electronic Journal of Omsk State Agrarian University*, 3(6). Available at: <http://ejournal.omgau.ru/index.php/2016-god/5/29-statya-2016-2/379-00129> (accessed 07.12.2020) (in Russian).
- Mikhovich, A. Y. and Makarenko, A. N. 1964. Veliko-Anadol forest and groundwater. Moscow, Lesnaya promyshlennost, 264 p. (in Russian).
- Piatetskiy, H. E. 1959. Influence of groundwater level and temperature on the growth of young spruce stands. *Bulletin of the Karelian and Kola branches of the USSR Academy of Sciences*, 1: 139–145 (in Russian).
- Proezdov, P. N. and Mashtakov, D. A. 2008. Water balance and groundwater level of steppe reclaimed landscapes of the Volga upland. [Electronic resource]. Available at: http://www.rusnauka.com/29_NNM_2008/Ecologia/36099.doc.htm (accessed 07.12.2020) (in Russian).
- Solomakha, N. H. and Korotkova, T. M. 2019. The impact of climate change on the intrazonal forest vegetation of the Mariupol Forest Estate protected area. *News of the Askania-Nova Biosphere Reserve*, 21: 124–132 (in Ukrainian).
- State of groundwater in Ukraine. 2018. Kyiv, 121 p. (in Ukrainian).
- Vaganov, I. I., Mayevska, I. V., Popovych, M. M. 2014. Engineering geology and environmental protection. [Electronic resource]. Vinnytsya, VNTU, 267 p. Available at: https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/iebm/vaganov_inzhenerna_geologiya/index.html (accessed 07.12.2020) (in Ukrainian).
- Water Code of Ukraine. 1995. [Electronic resource]. The Act No 213/95-VR. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Text> (accessed 07.12.2020) (in Ukrainian).
- Protective afforestation. 1983. Selectas of Vysotsky H. M. Kyiv, Naukova dumka, p. 105–108 (in Russian).

Solomakha N. G.¹, Korotkova T. M.²

GROUND WATER LEVEL DYNAMICS IN OAK STANDS IN THE PERMANENT FOREST STUDY AREA, MARIUPOL FOREST RESEARCH STATION

¹Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G. M. Vysotsky

²State Enterprise 'Mariupol Forest Research Station'

The ground water level dynamics was analysed within the water catchment of the permanent forest study area in the Mariupol Forest Research Station in Volnovakha district, Donetsk Region, on five stationary boreholes within the periods from January 2000 to August 2014 and from October to December 2020. At the watershed, ground water lies deep and has the lowest level fluctuation; in the gully, it is closer to the surface. Seasonal fluctuations of ground water level increase in a gradual and progressive manner and reach their maximum in the period of active tree and shrub vegetation. The study revealed repeating pattern in the rhythm of ground water level fluctuations and tendencies to its decrease. A close correlation has been found between ground water level and the mean annual monthly air temperature and a moderate correlation between ground water level and the precipitation in the previous year. A decrease in ground water level intensifies pathological decline of forests in the region.

Key words: ground water level fluctuation, meteorological factors, water catchment area, forest hydrology.

E-mail: marlnis1892@gmail.com

Одержано редколегією 09.12.2020

ЗАХИСТ ЛІСУ

UDK 630.182.49:630.43

<https://doi.org/10.33220/1026-3365.137.2020.110>**K. V. DAVYDENKO¹, N. YU. VYSOTSKA¹, V. S. YUSHCHYK¹, T. YU. MARKINA²
EARLY EFFECTS OF A FOREST FIRE ON THE DIVERSITY OF FUNGAL
COMMUNITIES IN PINE FORESTS IN LEFT-BANK UKRAINE WITH SPECIAL
EMPHASIS ON MYCORRHIZAL FUNGI**¹ Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G. M. Vysotsky, Kharkiv, Ukraine² H. S. Skovoroda Kharkiv National Pedagogical University

Forest fires constitute widespread and potentially destructive disturbances in forest ecosystems, particularly negative impact on soil mycorrhizal fungi which are major players of the belowground plant. This study investigated the short-term effects of wildfire on fungal communities in Left-Bank Ukraine with special emphasis on mycorrhizal fungi. During the fourteen months after autumn wildfire, fruiting bodies found in the plots were identified, and their mycological richness, diversity and production in both burned and unburnt areas were measured. Total fungal diversity decreased in burned plots, where fungal richness and diversity of mycorrhizal species were significantly lower. Our results also confirmed the data on a rather destructive influence of post-fire forest management on fungal diversity. Only three mycorrhizal fungi associated with *Pinus sylvestris* L. were common to both sites while pyrophilic species were in close association with burned sites.

Key words: mycorrhiza, pine plantation, post-fire erosion, wildfire.

Introduction. Due to a high significance of *Pinus sylvestris* L. for the environment and Ukrainian forest economy, pine stands are among the most important in Ukrainian forests, and occupy vast areas of poor sandy soil and degraded habitats. Since this species is tolerant of poor soil, drought, wind and frost, a pine breeding programme was initiated in the middle 1950s (Los et al. 2015) where plus pine trees were carefully selected taking into account their growth rate and form traits. Given that plus trees are proven to have a higher capacity of resistance to many forest diseases and unfavourable conditions, they should be considered for reforestation purposes. However, primarily because of its high fuel content, pine stands are highly flammable and prone to wildfires, although this species is considered one of the most resistant to low and moderate severity burns (Fernandes et al. 2014). Nevertheless, forest fires are common in Ukraine, and a lack of rainfall and increasing drought in Left-Bank Ukraine (Lyalko et al. 2014) have also increased the frequency and severity of wildfires, which may potentially increase soil degradation (Moody et al. 2013, Fernandes et al. 2014) and contaminate streams with toxic compounds in ashes (Bodí et al. 2014). The post-fire erosion could still have an important impact on soil degradation due to the loss of organic matter and soil microorganisms (Vieira et al. 2015), although it has also been difficult to quantify how forest soil is affected by spatial fire patterns and vegetation recovery (Moody et al. 2013). The extent of these consequences is defined by the fire severity, climate, surrounding vegetation, topography, and soil moisture content (Sousa 2011). Post-fire forest lands are often managed in many countries using different reforestation projects. The common practice of post-fire management includes salvage logging and reforestation. These methods often strengthen the forest disturbance and can potentially result in long-term effects on the woodland fungal community (Wang et al. 2006, Kutorga et al. 2012). Pre-fire fungal communities including mycorrhizal fungi are largely eradicated after a wildfire and a post-fire succession of fungi is initiated. Parasitic, saprophytic and mycorrhizal fungi play a fundamental role in ecosystem functioning and are in occasions a high value forest resource (Martín-Pinto et al. 2006). Forest fires constitute potentially destructive disturbances in forest ecosystems, particularly negative impact on soil mycorrhizal fungi which are major players of the root system. Mycorrhizal species are significant component of the soil community, providing plant with enhanced water and nutrients, extending root volume (Martín-Pinto et al. 2006) and protecting against pathogens. However, there is generally a lack of information about mycorrhizal fungi associated with pine trees in Ukraine in pre-fire and post-fire stands as previous studies were mainly conducted in other regions of Europe (Sousa et al. 2011, Kutorga et al. 2012, Hagenbo et al. 2019). As post-fire reforestation projects are increasingly

observed, the investigation of seedling mycorrhization impact on growth and survival of host plants is of particular interest. Such investigations in Ukraine are still fragmentary (Danilenko 2013; Ugarov et al. 2013), although this information can be of particular practical importance for forest health. Reforestation projects after wildfires require healthy and high-quality seedlings with the containerized root system (Recommendations 2010, Recommendations 2019). Moreover, physiological condition of seedlings, their demand for water and nutrients could be carefully monitored. Also, controlled mycorrhization and biological and chemical protective treatments are applied, and pests and pathogens are actively eliminated (Recommendations 2014).

Seedlings of *P. sylvestris* form belowground mutualistic symbiosis called ectomycorrhiza which commonly have significant effects on nutrient uptake, growth and plant survival and are, therefore, important components (Sousa et al. 2011, Hagenbo et al. 2019). Ectomycorrhizal (ECM) fungi are integral part of a tree's life history and operate as the tree's primary nutrient-absorbing organ (Teste & Simard 2008). Ectomycorrhizal fungi can determine the structure and dynamics of plant communities and are major component of belowground plant interactions (Sousa et al. 2011). There is a wealth of scientific information confirming fire-impacted fungal communities strongly focused on the natural regeneration of the ecosystem (Sousa et al. 2011) although reforestation processes in drought steppe are often required to mitigate consequences of severe burns. Therefore, many studies show that seedlings inoculated with ECM fungi could strongly enhance plant development in the field (Martín-Pinto et al. 2006). Moreover, numerous studies confirm that ectomycorrhizal mycelial networks can enhance aeration and water infiltration into deeper soil layers for post-fire site (Sousa et al. 2011, Kutorga et al. 2012, Hagenbo et al. 2019).

The destructive wildfire which occurred in planted pine stands in Krasnograd State Forest Enterprise in Kharkiv Region resulted in the death of all trees as well as a significant burn of the litter cover in an area of ca. 70 ha. Therefore, *the aim of the study* was to assess diversity and functional community structure of fungi during early stage of succession in differently managed post-fire areas with special emphasis on changes in species richness and a composition of soil-associated fungi in burnt pine stands.

Material and Methods. The study was carried out in two forest ecosystems dominated by *P. sylvestris* in Kharkiv Region of Ukraine (compartments 126–127, Natalinske forestry, Krasnograd State Forest Enterprise). This region has a temperate-continental climate with a dry season of three months in the summer and an annual precipitation of about 563 mm, average temperatures ranging from +19.7°C in summer to 5.1°C below zero in winter. A large wildfire burned 70 ha in September 2017. The fungal production and diversity in the forest from October 2017 through late December 2018 were observed during our study.

Since forest management of the burnt sites differed in different areas, three permanent sampling plots were established for each of two practice variants: burnt, not managed (BNM) and burnt, clear-cut (BC). Additionally, three control plots of the same size were established in one unburnt site (UB). Plots of 2 m × 50 m were established in accordance with previous studies (Dahlberg et al. 2001, Martín-Pinto et al. 2006). Field sampling was performed from October 2017 until December 2018, the period corresponding to an early post-fire succession stage of fungal communities (Kutorga et al. 2012). The study sites were monitored four times per year during one visit in autumn 2017 (October) and three visits in 2018 (May, August, and November) in accordance with other studies (Dahlberg et al. 2001, Martín-Pinto et al. 2006).

To analyse fungal community, all fruiting bodies were collected on all substrates (soil, litter, wood samples, mosses, etc.), with the aim of finding as many species as possible for all habitats. Fungal fruiting bodies were taken to the laboratory, where they were stored at 4–8°C and processed within 24 h after collection for identification. The search for soil-associated fungi was performed by a collection of soil layer for the preparation of moist chamber cultures and molecular analyses. The fungi were classified into the following functional groups according Dix and Webster (1995): saprotrophic (on soil, forest litter/wood), biotrophic, mycorrhizal and pathogenic fungi for further statistical analysis. The samples that could only be identified to the genus level were grouped into a

genus taxon. Both frequency of occurrence and abundance of the different fungal species on each site were used to test for differences in the fungal community in the three sample plots. Frequency was estimated from the presence/absence data matrix of each fungal species. Relative abundance was calculated for each area as a number of samples colonized by a taxon divided by the total number of samples collected in that site.

Fungal identification. Morphological identification was based on macro- and microscopic characteristics of the isolates. Specimens were observed both under a stereomicroscope and a light microscope, after anamorph fruiting structures were mounted on glass slides in cotton blue (Davydenko et al. 2019). The fruit bodies were identified at species level whenever possible according to the mycological keys. For molecular identification DNA was extracted from the unidentified fruit bodies/fungal cultures of the isolates representing morphological groups. Approximate DNA concentrations were determined at 260 nm using the Nano-drop 2000 spectrophotometer (Nano-drop Technologies, Wilmington, DE, USA), and extracts were diluted to 10 ng μl^{-1} in double-distilled water (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA). Internal transcribed spacer (ITS) regions 1 and 2, including the ribosomal 5.8S gene, were amplified using the primers pairs ITS1-F and ITS4 F (Gardes & Bruns 1993). The reaction mixture contained, in a total volume of 15 μl , 200 μM deoxyribonucleotide triphosphates, 0.2 μM of each primer, 0.03 U/ μl Thermo Green Taq polymerase with reaction buffer Green, and 2.75 mM final concentration of MgCl_2 . The thermal cycling was carried out using an Applied Biosystems GeneAmp PCR System 2700 thermal cycler (Foster City, CA, USA). An initial denaturation step at 95°C for 5 min was followed by 35 amplification cycles of denaturation at 95°C for 30 s, annealing at 55°C for 30 s, and extension at 72°C for 30 s. The thermal cycling was ended by a final extension step at 72°C for 7 min. PCR products were size separated on 1 % agarose gels and visualized under UV light. The PCR products were purified with Qiagen DNA extraction PCR M kit (Qiagen, Hilden, Germany). Sequencing was carried out by Macrogen Inc., Korea. Raw sequence data were analysed using the SeqMan Pro version 10.0 software from DNASTAR package (DNASTAR, Madison, WI, USA). Databases at GenBank (Altschul et al. 1997) and at the Department of Forest Mycology and Plant Pathology, Swedish University of Agricultural Sciences, were used to determine the identity of ITS rRNA sequences. The criteria used for identification were: sequence coverage > 80%; similarity to taxon level 98–100%, similarity to genus level 92–97 %.

Statistical analyses. Two-dimensional non-metric multidimensional scaling (NMDS) and the Jaccard's similarity index for presence-absence data and Bray – Curtis dissimilarity were employed to compare fungal species compositions in different study sites. Shannon's H_0 diversity index (Mead 2017) was used for the analysis.

Two-way analysis of similarity (ANOVA) was used to test the differences in fungal species compositions or community structures. Non-parametric Kruskal – Wallis and Mann – Whitney U-tests were used to compare species frequency and abundance in the three areas, followed by the Bonferroni – Holm's procedure for controlling experiment wise error rates for multiple independent tests. Species that occurred too rarely to apply statistical tests were left out. Pair wise comparison for a fire effect on a number of soil associated fungi species was made using a *t*-test of the Shannon diversities. Statistical data analysis was performed using the statistical software package PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis (Hammer et al. 2001).

Results and Discussion. Generally, forty-nine fungal species were identified from the collected samples. The phylogenetic analysis showed that 24 species belonged to the Basidiomycota phylum while 16 species were Ascomycota (Fig. 1), and 9 species remain unidentified. 81.6% of the obtained sequences could be identified up to genus or species level. Some of the sequences (18.4%) that could not be properly designated to a species clustered closely together with other sequences (see Fig. 1) and were therefore considered as ECM fungal species or unidentified species (depends on similarity rate).

Among them, a total of 24 mycorrhizal fungal species was identified. Basidiomycetes and ascomycetes respectively accounted for 75% and 25% of the identified mycorrhizal fungal species.

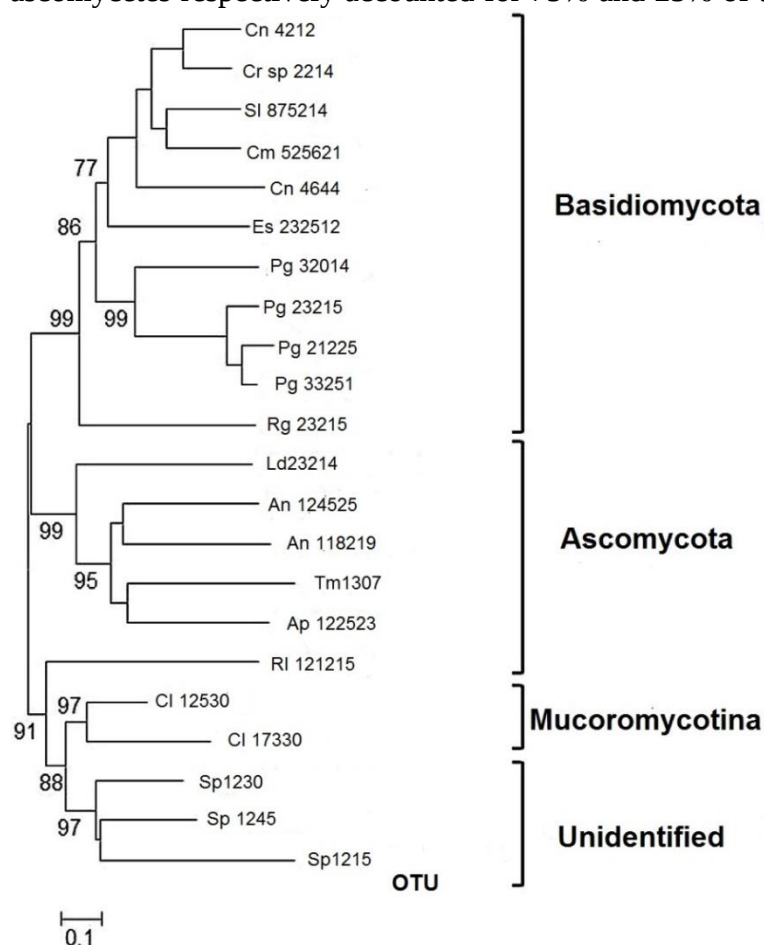


Fig. 1 – Maximum likelihood tree based on ITS sequences obtained from field-collected samples (wood, forest litter, soil) in this study and reference related sequences obtained from Genbank. Numbers at the nodes are values for branch support estimated using the SH-like approximate likelihood ratio test (1,000 resamplings); values below 0.1 are not shown. The scale bar indicates a number of substitutions per site

Most sequences (51.1%) corresponded to mycorrhizal fungal species (Table 1), 43.1% to saprotrophic species, but 6.12% (3 species) of all fungal species corresponded to non-mycorrhizal root inhabiting fungi (see Table 1).

The most frequent and abundant mycorrhizal taxa across the whole area were *Pholiota highlandensis*, *Russula* sp., *Tricholoma* sp., *Hyphoderma setigerum* and *Hebeloma cistophilum* with the frequency of occurrence 11.09; 5.06; 7.13; 4.56, and 4.16% respectively. According to the obtained data, only 10 species were found exclusively in burnt sites and 26 ones exclusively in the unburnt sites. In total, only 13 species were present in both ones, among them only three taxa (*Rhizophoraceae* species, *Cryptococcus* sp, and *Mycena* sp) belonged to mycorrhizal fungi. Also, five species remained unidentified for burnt and six for unburnt sites.

The wildfire in *P. sylvestris* stands caused a significant decrease of fungal richness in all studied one-month-old and one-year-old burnt sites. Therefore, the number of species recorded for the non-managed burnt area was 2.1 times less of the numbers in the unburnt plots (19 vs 39 fungal species). In burnt, clear-cutting plots, the number of species recorded was 3.25 less than the numbers in the unburnt plots (12 vs 39 fungal species). Results are shown in Figure 2.

The results indicate that the species composition recorded after wildfire and in one-year-old burnt sites was quantitatively and qualitatively different from those of unburnt plots. Only four species were found and identified as fire-surviving species immediately following (October 2017): four and two species on non-managed and clear-cut burnt site respectively (see Fig. 1).

Table 1

Total taxa collected from *Pinus sylvestris* plots

#	Taxa	Phylum of fungi	Sample plots*			Functional groups**
			BNM	BC	UB	
1	<i>Agaricaceae</i> Chevall sp.	Basidiomycota	–	–	+	MY
2	<i>Agrocybe pediades</i> (Fr.) Fayod	Basidiomycota	–	–	+	MY
3	<i>Amanita phalloides</i> (Vaill. ex Fr.) Link	Basidiomycota	–	–	+	MY
4	<i>Atheliaceae</i> Jülich sp. 1	Basidiomycota	–	+	+	S
5	<i>Atheliaceae</i> Jülich sp. 2	Basidiomycota	+	–	–	S
6	<i>Collybia</i> cf. <i>butyracea</i> (Fr.) Kumm.	Basidiomycota	–	+	+	S
7	<i>Cortinarius</i> sp.	Basidiomycota	–	–	+	MY
8	<i>Hebeloma cistophilum</i> Maire	Basidiomycota	–	–	+	MY
9	<i>Hyaloscypha finlandica</i> (C.J.K. Wang & H.E. Wilcox) Vohník, Fehrer	Basidiomycota	–	–	+	MY
10	<i>Hygrophorus discoxanthus</i> (Fr.) Rea	Basidiomycota	–	–	+	S
11	<i>Hyphoderma setigerum</i> (Fr.) Donk	Basidiomycota	–	–	+	MY
12	<i>Inocybaceae</i> Jülich sp. 1	Basidiomycota	+	+	–	S
13	<i>Inocybaceae</i> Jülich sp. 2	Basidiomycota	–	–	+	S
14	<i>Myxomphalia maura</i> (Fr.) Hora,	Basidiomycota	–	–	+	MY
15	<i>Pholiota highlandensis</i> (Peck) Quadr. & Lunghini	Basidiomycota	–	–	+	MY
16	<i>Rhizopogonaceae</i> Gäum. & C.W. Dodge sp.	Basidiomycota	+	–	+	MY/S
17	<i>Russula</i> sp.	Basidiomycota	–	–	+	MY
18	<i>Terfezia</i> sp. 1	Basidiomycota	–	–	+	MY/S
19	<i>Tomentella terrestris</i> (Berk. & Broome) M.J. Larsen	Basidiomycota	–	–	+	MY
20	<i>Tomentellopsis Hjortstam</i> sp.	Basidiomycota	–	–	+	MY/S
21	<i>Tricholoma</i> sp.	Basidiomycota	–	–	+	MY
22	Uncultured <i>Cryptococcus</i> sp.	Basidiomycota	+	–	+	MY
23	Uncultured <i>Mycena</i> sp.	Basidiomycota	+	+	+	MY
24	Uncultured <i>Pezizaceae</i> sp.	Basidiomycota	+	–	–	MY
25	<i>Anthracobia</i> Boud sp.	Ascomycota	+	–	+	S
26	<i>Ascobolus furfuraceus</i> Pers.	Ascomycota	–	–	+	MY
27	<i>Cenococcum geophilum</i> Fr.	Ascomycota	–	–	+	MY
28	<i>Cladobotryum</i> sp.	Ascomycota	+	+	+	S
29	<i>Cladosporium</i> sp.	Ascomycota	+	+	+	S
30	<i>Geopyxis carbonaria</i> (Alb. & Schwein.) Sacc.	Ascomycota	–	+	+	S
31	<i>Pyronema omphalodes</i>	Ascomycota	+	–	+	S
32	<i>Rhizina undulata</i> Fr.	Ascomycota	+	+	+	P
33	<i>Rhizoscyphus</i> sp.	Ascomycota	–	–	+	S
34	Unidentified Helotiales HH79	Ascomycota	–	–	+	MY
35	Uncultured ECM (Ascomycota)	Ascomycota	–	–	+	MY

Continuation of Table 1

#	Taxa	Phylum of fungi	Sample plots*			Functional groups**
			BNM	BC	UB	
36	Uncultured ECM (Ascomycota)	Ascomycota	–	–	+	MY
37	<i>Mucor ramosissimus</i> Samouts	Mucoromycotina	+	+	+	S
38	<i>Mucor fragilis</i> Bainier	Mucoromycotina	+	+	–	S
39	<i>Glomus tenue</i>	Mucoromycotina	+	+	–	MY/S
40	<i>Umbelopsis isabellina</i> (Oudem.) W. Gams	Mucoromycotina	+	–	+	S
41	Unidentified sp. 22145	Unidentified	–	–	+	S
42	Uncultured Ascomycota 1230	Unidentified	–	–	+	S
43	Uncultured Ascomycota 5243	Unidentified	+	–	–	S
44	Uncultured Ascomycota 175243	Unidentified	+	+	+	S
45	Uncultured plant pathogenic Ascomycota 1245	Unidentified	–	–	+	P
46	Uncultured Ascomycota 11215	Unidentified	+	–	–	S
47	Uncultured plant pathogenic fungus 1256	Unidentified	–	–	+	P
48	Unidentified sp. 7523	Unidentified	+	+	–	S
49	Unidentified sp. 36214	Unidentified	+	+	–	S
Overall Shannon-Weaver diversity index			3.6	1.9	4.9	–
Overall Jaccard's index			0.67	0.49	0.73	–

* BNM – burnt, not managed; BC – burnt, clear-cut; UB – unburnt site.

** MY – mycorrhizal fungi; S – saprotrophic fungi; P – pathogenic fungi.

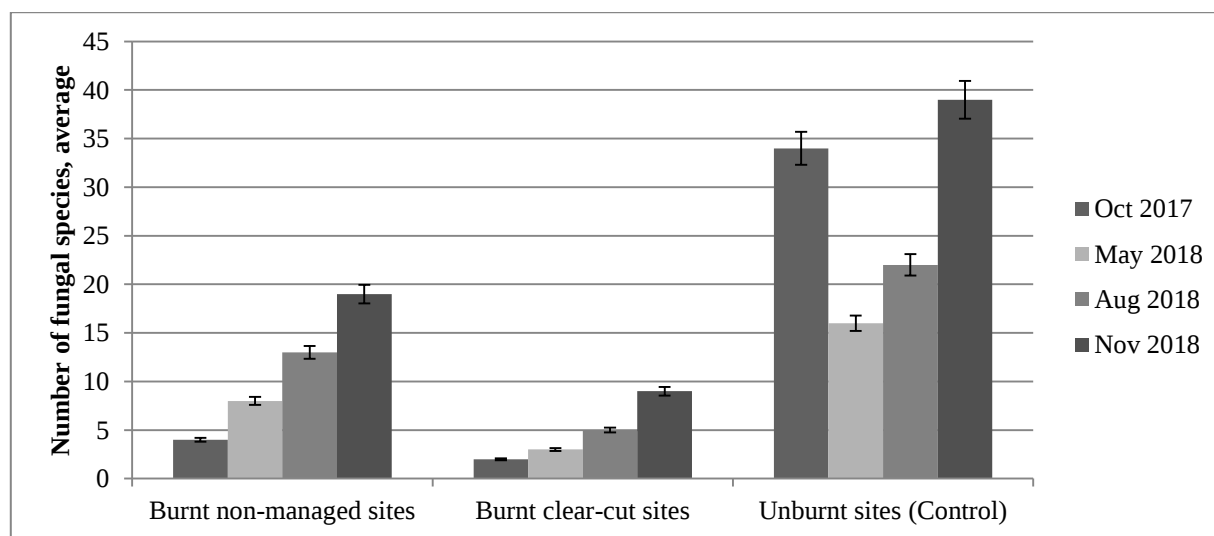


Fig. 2 – Number of fungal species in different treatment variants (2017-2018)

It could be explained by the fact that post-fire fungi normally form fruit bodies during the first significant rain event following disturbance because of spore bank left in the soil over time since the previous fructification. Since spores longevity in the soil has been studied and described for only a few species, in general, it is well-known that they retain viability for many years (Helgason et al. 2002, Claridge et al. 2009).

Some fire-surviving fungi also act as post-fire fungi because they can form fruit bodies only after the fire, even though they may have formed mycorrhizae with surviving trees prior to wildfire (Dahlberg et al. 2001, Claridge et al. 2009).

Moreover, some fungal species produce dormant spores that require heat treatment to germinate (Izzo et al. 2006, Claridge et al. 2009). It has been also studied that spores are carried over time to various depths in upper soil profiles through the run-off processes and rainfall. Therefore, a wildfire can kill spores near the surface, but at some depth, the soil temperature activates spore germination rather than kill them (Claridge et al. 2009). Thus, we could find only four fungal species a few months after the wildfire. In total, nineteen of the taxa were harvested in burned plots (only 36.8 % mycorrhizal, 57.9 % saprophytic and 5.3 % pathogenic) in fourteen months after wildfire while thirty-nine taxa were collected in unburnt sites (56.4 % mycorrhizal, 35.9 % saprophytic and 7.7 % pathogenic).

A dynamic accumulation of fungal species in burnt sites was observed during the following after fire year (2016–2017). In one year after wildfire, additional fungal species not detected previously were recorded in all sample plots (see Fig. 2); moreover, most species were identified next autumn. In burnt plots were 15 and 10 additional species for non-managed and clear-cutting sites respectively.

Five species, namely *Myxomphalia maura*, *Geopyxis carbonaria*, *Pyronema omphalodes*, *Pholiota highlandensis*, *Rhizina undulata* recorded in burnt plots are considered pyrophilic, i.e. dependent upon fire and the immediate post-fire conditions to complete their life cycles and secure their long-term survival (Dahlberg 2001), although these species have also been found on unburnt area but only sporadically (Fig. 3).

While these pyrophilic species also were found on the unburnt area, non-metric multidimensional scaling (NMDS) demonstrate a close association of pyrophilic species with burnt area (see Fig. 3). We have applied a non-metric multidimensional scaling (NMDS) to represent fungal communities (three habitats) in an ordination plot and to find the best representation of the most common species. The NMDS ordination (stress value = 0.0259) explained 89.8% of the variation in species composition between the sites (see Fig. 3). The ordination axis ($R^2 = 0.623$) showed two clearly defined site groups: burnt (non-managed) and unburnt sites. In fact, no species were found in close association with burnt area where clear-cutting were applied after fire, indicating that recorded species after forest fire and clear cutting were retrieved by coincidence.

Moreover, overall fungal species compositions (all found species during whole sampling time) from the unburnt sites were similar (Jaccard's index range, 0.49–0.73, see Table 1), thus indicating rather stable fungal community and environmental conditions in the undisturbed pine forest during the study period (Mead 2017).

In contrast, according to the NMDS ordination and two-way ANOVA using Jaccard's index, the fungal species compositions in the burnt sites were dynamic and showed significant differences based on types of forest management ($F = 7.59$; p -value = 0.00001). The NMDS ordination also showed a significant shift of fungal communities from the burnt sites toward those of the unburnt sites.

F -test of Shannon's diversity index showed a significant difference between fungal communities from the burnt and unburnt sites ($F = 21.256$, p -value = 0.0009645). Analysis of the data by two-way ANOVA using the Jaccard's index showed that different management practices in the post-fire forest had an effect on the overall fungal species compositions, indicating the impact of clear-cut logging on fungi (Table 1). However, we consider that a fourteen-month period was too short to carry out a comprehensive assessment of how forest management impacts upon fungal species composition.

Differences in fungal communities can be used as a simple method to evaluate fungal response to fire. It is well known that fungal communities that have been assessed aboveground very rarely/or do not correspond to their belowground counterparts (Dahlberg et al. 2001) but may also reflect phenological differences in the fruiting frequencies of different fungal species and may differ depending on methods (Dove & Hart 2017). Therefore, assessment of the mycorrhizal colonization of plant roots after a fire may differ depending on sampling and evaluation methods.

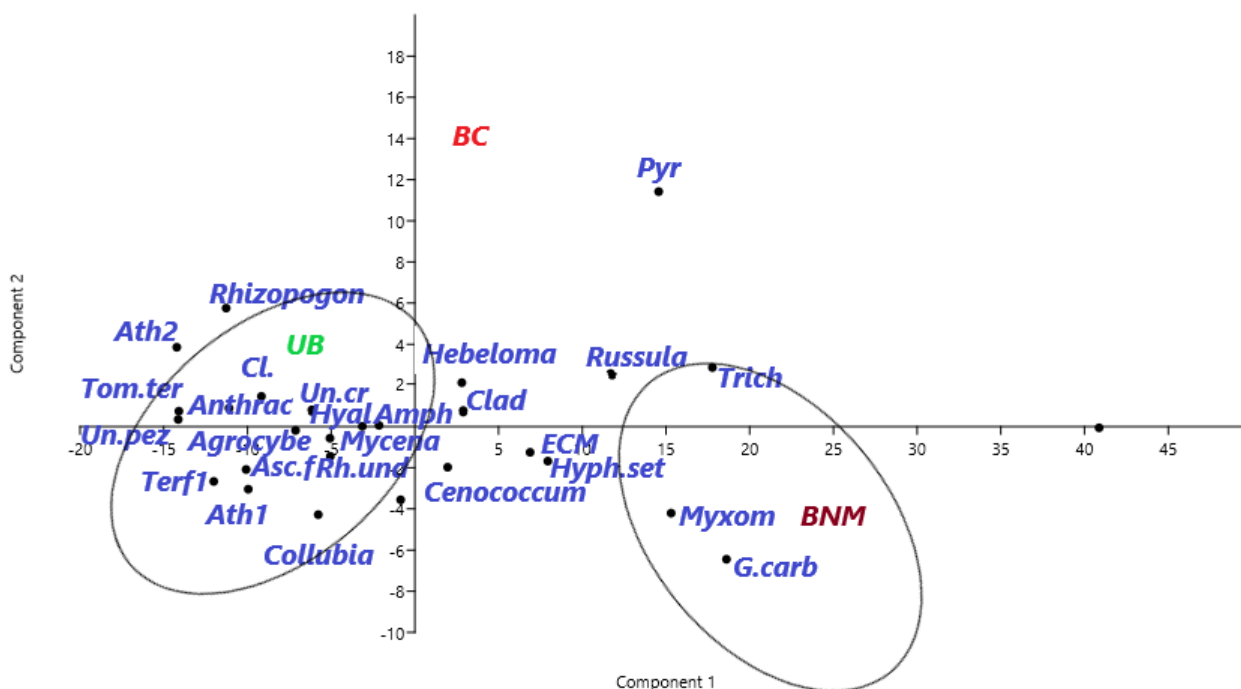


Fig. 3 – Results of NMDS ordination (2D) of all sampling plots performed on abundance data of fungal species in three areas: BNM (burnt, non-managed), BC (burnt, clear-cutting) and UB (unburnt area)

Eigen values of axis 1 and 2 are 0.115 and 0.208 and explain 73.5% of the variance of the species data for abundance (7.1% axis 1, 6.4 % axis 2). Specie abbreviations are: *Agrocybe* – *Agrocybe pediades* (Fr.) Fayod; *Am.ph* – *Amanita phalloides* (Vaill. ex Fr.) Link; *Ath1* – *Atheliaceae* sp. 1; *Ath2* – *Atheliaceae* sp. 2; *Collybia* – *Collybia cf. butyracea* (Fr.) Kumm.; *Hebeloma* – *Hebeloma cistophilum* Maire; *Hyal. Fin* – *Hyaloscypha finlandica* (C.J.K. Wang & H.E. Wilcox) Vohnik, Fehrer & Réblová; *Hygr.* – *Hygrophorus discoxanthus* (Fr.) Rea; *Hyph.set* – *Hyphoderma setigerum* (Fr.) Donk; *Myxom* – *Myxomphalia maura* (Fr.) Hora; *Pholiota* – *Pholiota highlandensis* (Peck) Quadr. & Lunghini; *Rhizopogon* – *Rhizopogonaceae* Gäum. & C.W. Dodge sp.; *Russula* – *Russula* sp.; *Terf1* – *Terfezia* sp. 1; *Tom.ter* – *Tomentella terrestris* (Berk. & Broome) M.J. Larsen; *Trich.* – *Tricholoma* sp.; *Un. Cr.* – Uncultured *Cryptococcus* sp.; *Mycena* – Uncultured *Mycena* sp.; *Un. Pez.* – Uncultured *Pezizaceae* sp.; *Anthrac.* – *Anthracobia* Boud sp.; *Asc.f.* – *Ascobolus furfuraceus* Pers; *Cenococcum* – *Cenococcum geophilum* Fr; *Clad.* – *Cladobotryum* sp.; *Cl.* – *Cladosporium* sp.; *G.carb.* – *Geopyxis carbonaria* (Alb. & Schwein.) Sacc; *Pyr.* – *Pyronema omphalodes* (Bull.) Fuckel; *Rh.und.* – *Rhizina undulata* Fr.; *ECM* – Ectomycorrhizal fungi

Several anthropogenic influences are also well-known to decrease mycorrhizal diversity or at least cause significant changes in species composition. The effects of anthropogenic disturbances on mycorrhizal communities are reviewed by many researchers and these include forest logging, especially clear-cutting, wildfire (Dahlberg 2001), fertilization, atmospheric nitrogen deposition, acid rain, etc. (Egerton-Warburton & Allen 2000, Hagenbo et al. 2019, Jo et al. 2019). Microclimate and land relief may also influence mycorrhizal fungi, but it is likely indirectly, acting on plant community first. Unfortunately, in this research, we could not study how a diversity of bacteria species changes as mycorrhizal fungal communities are also influenced by interactions with other soil organisms. Mycorrhizal species may act as helper soil bacteria and enhance root colonization by mycorrhizal fungi (Munkvold et al. 2004). Therefore, further experimental research is necessary to provide reliable and updated information related to study mycorrhizal fungal communities as soil stabilizers and remediators for forest ecosystem after wildfire.

Therefore, our results confirmed data on a rather destructive influence of post-fire forest management on fungal diversity and community composition that has been the subject of a wide number of studies over the last two decades (Dahlberg et al. 2001, Hagenbo et al. 2019, Jo et al. 2019). The main findings of the effects of silvicultural practices indicated that the higher the management intensity, the lower the diversity of mycorrhizal and other fungal species (e.g. wood decay fungi), at least in the short term. Moreover, the found mycorrhizal fungi might use for

seedling mycorrhization for reforestation. Our data suggest that inoculation with selected (local) ectomycorrhizal fungi in containerized nurseries or during planting in forest can be an advantageous approach for the successful establishment of *P. sylvestris* in burned soil. Besides, obtained results give us a lot of data for further experiments with local strains. Given the different factors that can impact on obtained results significantly, the use of a reliable analysis of fire-fungal composition may help to identify specific fungal responses to fire and may help to predict associated changes in the forest ecosystem.

Conclusion. Our study confirms a destructive effect of wildfire on forest ecosystems, particularly its negative impact on mycorrhizal fungi. Generally, 49 fungal species were identified from the burnt and unburnt sites, among them 24 species belonged to the Basidiomycota phylum, while 16 species were Ascomycota and 9 species remain unidentified. According to obtained data, only 10 species were found exclusively in burnt sites and 26 ones exclusively in the unburnt sites.

The most frequent and abundant mycorrhizal taxa across the whole area were *Pholiota highlandensis*, *Russula* sp. *Tricholoma* sp, *Hyphoderma setigerum* and *Hebeloma cistophilum* with the frequency of occurrence 11.09; 5.06; 7.13; 4.56 and 4.16% respectively. All these species were collected in unburnt sites only. In total, only 13 species were present in both (burnt and unburnt sites), among them only three taxa (*Rhizophoraceae* species, *Cryptococcus* sp, *Mycena* sp) belong to mycorrhizal fungi. Moreover, non-metric multidimensional scaling showed that no close connection was found for fungi from the burned area where clear-cutting was applied after the fire, indicating that species after a forest fire and clear-cutting were found by coincidence. Therefore, our results also confirmed the data on a rather destructive influence of post-fire forest management (clear-cutting) on fungal diversity.

REFERENCES

- Altschul, S. F., Gish, W., Miller, W., Myers, E. W., Lipman, D. J. 1990. Basic local alignment search tool. *Journal of molecular biology*, 215(3): 403–410.
- Bodí, M. B., Martín, D. A., Balfour, V. N., Santín, C., Doerr, S. H., Pereira, P., Cerdà A., Mataix-Solera, J. 2014. Wildland fire ash: production, composition and eco-hydro-geomorphic effects. *Earth-Science Reviews*, 130: 103–127.
- Claridge, A. W., Trappe, J. M., Hansen, K. 2009. Do fungi have a role as soil stabilizers and remediators after forest fire? *Forest ecology and management*, 257(3): 1063–1069.
- Dahlberg, A., Schimmel, J., Taylor, A. F. S., Johannesson, H. 2001. Post-fire legacy of ectomycorrhizal fungal communities in the Swedish boreal forest in relation to fire severity and logging intensity. *Biol. Conserv.*, 100: 151–161.
- Danilenko, O. N. 2011. Condition of pine plantations planted in burnt areas in Chervonooskilske forestry of Forest Enterprise 'Izyumske LG'. *Forestry and Forest Melioration*, 119: 127–130 (in Ukrainian).
- Davydenko, K. V. 2019. Preliminary assessment of pathogenicity of *Fusarium circinatum* on germlings of *Pinus sylvestris* in Ukraine. *Forestry and Forest Melioration*, 134: 117–123. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.134.2019.117>
- Dix, N. J. and Webster, J. 1995. *Fungal ecology*. London, Chapman & Hall, 549 p.
- Dove, N. C. and Hart, S. C. 2017. Fire reduces fungal species richness and in situ mycorrhizal colonization: a meta-analysis. *Fire Ecology*, 13(2): 37–65.
- Egerton-Warburton, L. M., Allen, E. B. 2000. Shifts in arbuscular mycorrhizal communities along an anthropogenic nitrogen deposition gradient. *Ecological applications*, 10(2): 484–496.
- Fernandes, P. M., Loureiro, C., Guiomar N., Pezzatti, G. B., Manso, F. T., Lopes, L. 2014. The dynamics and drivers of fuel and fire in the Portuguese public forest. *Journal of Environmental Management*, 146: 373–382.
- Gardes, M. and Bruns, T. D. 1993. Its primers with enhanced specificity for basidiomycetes – application to the identification of mycorrhizae and rusts. *Molecular Ecology*, 2(2): 113–118. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.1993.tb00005.x>
- Hagenbo, A., Hadden, D., Clemmensen, K. E., Grelle, A., Manzoni, S., Mölder, M., ..., Fransson, P. 2019. Carbon use efficiency of mycorrhizal fungal mycelium increases during the growing season but decreases with forest age across a *Pinus sylvestris* chronosequence. *Journal of Ecology*, 107(6): 2808–2822.
- Hammer, O., Harper, D. A. T., Ryan, P. D. 2001. PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4: 1–9.
- Helgason, T., Merryweather, J. W., Denison, J., Wilson, P., Young, J. P. W., Fitter, A. H. 2002. Selectivity and functional diversity in arbuscular mycorrhizas of co-occurring fungi and plants from a temperate deciduous woodland. *Journal of Ecology*, 90: 371–384.

Izzo, A., Canright, M., Bruns, T. D. 2006. The effects of heat treatments on ectomycorrhizal resistant propagules and their ability to colonize bioassay seedlings. *Mycological research*, 110(2): 196–202.

Jo, I., Fei, S., Oswalt, C. M., Domke, G. M., and Phillips, R. P. 2019. Shifts in dominant tree mycorrhizal associations in response to anthropogenic impacts. *Science advances*, 5(4): eaav6358.

Kutorga, E., Adamonytė, G., Iršėnaitė, R., Juzėnas, S., Kasparavičius, J., Markovskaja, S., ..., Treigienė, A. 2012. Wildfire and post-fire management effects on early fungal succession in *Pinus mugo* plantations, located in Curonian Spit (Lithuania). *Geoderma*, 191: 70–79.

Los, S. A., Tereshchenko, L. I., Shlonchak, H. A., Samoday, V. P., Neyko, I. S. 2015. Results of pine and oak plus trees selection in the plains of Ukraine and in Crimea in 2010–2014. *Forestry and Forest Melioration*, 126: 139–147 (in Ukrainian).

Lyalko, V. I., Yelistratova, L. A., Apostolov, A. A. 2014. Researches of problems of dryness in the territory of Ukraine with the use of land and satellite information. *Ukrainian Journal of Remote Sensing*, 2: 18–28.

Martín-Pinto, P., Vaquerizo, H., Peñalver, F., Olaizola, J., Oria-de-Rueda, J. A. 2006. Early effects of a wildfire on the diversity and production of fungal communities in Mediterranean vegetation types dominated by *Cistus ladanifer* and *Pinus pinaster* in Spain. *Forest Ecology and Management*, 225(1–3): 296–305.

Mead, R. 2017. Statistical methods in agriculture and experimental biology. Chapman and Hall, CRC Press, 472 p.

Moody, J. A., Shakesby, R. A., Robichaud, P. R., Cannon, S. H., Martin, D. A. 2013. Current research issues related to post-wildfire runoff and erosion processes. *Earth-Science Reviews*, 122: 10–37.

Munkvold, L., Kjoller, R., Vestberg, M., Rosendahl, S., Jakobsen, I. 2004. High functional diversity within species of arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytologist*, 164(2): 357–364.

Recommendations for the establishment of forest plantations with containerized planting material utilizing agrofiber containers. 2019. Vysotska N. Yu. (Ed.). Kharkiv, URIFFM, 18 p. (in Ukrainian).

Recommendations for the forest plantation establishment on large post-fire sites. 2010. Vedmyd, M. M. (Ed.). Kharkiv, URIFFM, 12 p. (in Ukrainian).

Recommendations into identifying and quantifying the impact of pests and pathogens on the forest plantation after wildfires. 2014. Meshkova, V. L. (Ed.). Kharkiv, URIFFM, 27 p. (in Ukrainian).

Sousa, N. R., Franco, A. R., Ramos, M. A., Oliveira, R. S., Castro, P. M. 2011. Reforestation of burned sands: the effect of ectomycorrhizal fungi on *Pinus pinaster* establishment. *Soil Biology and Biochemistry*. 43(10): 2115–2120.

Teste, F. P. and Simard, S. W. 2008. Mycorrhizal networks and distance from mature trees alter patterns of competition and facilitation in dry Douglas-fir forests. *Oecologia*, 158(2): 193–203.

Ugarov, V. M., Popov, O. F., Danilenko, O. M., Nozhenko, N. I. 2013. Influence of *Pinus sylvestris* L. seedlings preplanting mycorrhization on survival and growth of forest plantations on the burned areas. *Forestry and Forest Melioration*, 123: 134–139 (in Ukrainian).

Vieira, D. C. S., Fernández, C., Vega, J. A., Keizer, J. J. 2015. Does soil burn severity affect the post-fire runoff and interrill erosion response? A review based on meta-analysis of field rainfall simulation data. *Journal of Hydrology*, 523: 452–464.

Wang, X., He, H. S., Li, X., Hu, Y. 2006. Assessing the cumulative effects of postfire management on forest landscape dynamics in northeastern China. *Canadian Journal of Forest Research*, 36: 1992–2002.

Давиденко К. В.¹, Висоцька Н. Ю.¹, Юшків В. С.¹, Маркіна Т. Ю.²

РАННІ НАСЛІДКИ ВПЛИВУ ЛІСОВОЇ ПОЖЕЖІ НА РІЗНОМАНІТНІСТЬ ГРИБНИХ УГРУПОВАНЬ СОСНОВИХ ЛІСІВ ЛІВОБЕРЕЖНОЇ УКРАЇНИ З ОСОБЛИВИМ АКЦЕНТОМ НА МІКОРИЗНИХ ГРИБАХ

¹Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького

²Харківський національний педагогічний університет ім. Г. С. Сковороди

Лісові пожежі мають значний руйнівний вплив на лісові екосистеми, особливо на ґрунтові мікоризні гриби, які утворюють симбіотичні асоціації з багатьма хвойними деревами. У цьому дослідженні ми вивчали ранні наслідки впливу верхової пожежі на угруповання грибів соснових лісів. Протягом чотирнадцяти місяців після осінньої пожежі збирали плодові тіла грибів на згарищах і на ділянках соснового лісу, не пошкоджених пожежею. Визначали видове різноманіття та частоту поширення грибів на всіх ділянках. Загальне різноманіття грибів на згарищах було значно меншим, ніж у не пошкоджених пожежею ділянках, особливо для мікоризних видів. Наші результати також підтвердили дані про сильний руйнівний вплив проведення суцільних санітарних рубок відразу після пожежі, що значно знижує різноманітність грибних угруповань. Так, лише три види мікоризних грибів знайдено на ділянках після проведення суцільних санітарних рубок, а пірофільні види були тісно пов'язані зі згарищами.

Ключові слова: мікориза, соснові культури, післяпожежена ерозія, природна пожежа,.

E-mail: kateryna.davydenko74@gmail.com

Одержано редколегією 22.10.2020



О. М. КУКІНА, О. В. ЗІНЧЕНКО

**СТАН ОСЕРЕДКІВ МАСОВОГО РОЗМНОЖЕННЯ КОРОЇДА
IPS TYPOGRAPHUS (L.) У РІЗНИХ РЕГІОНАХ УКРАЇНИ**

Український науково дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького

Короїд-типограф (*Ips typographus*) один із небезпечних видів стовбурових комах хвойних насаджень. Для визначення стану осередків масового розмноження короїда порівнювали основні параметри його популяцій із різних ялинових насаджень Львівської області (Зелем'янське та Гребенівське лісництва) та Ботанічного саду міста Харків. Визначали щільність поселень, довжину маточного ходу, енергію розмноження, продукцію та виживання. Різниця між параметрами популяцій короїда-типографа не була статистично значущою. Частка льотних отворів типографа була значно більшою у зразках із Зелем'янського та Гребенівського лісництв і становила 78,3 та 62,2 % відповідно від усіх видів стовбурових комах. У зразках із Ботанічного саду м. Харків за щільністю льотних отворів переважали короїди: *Pityogenes* sp. і *Crypturgus* sp. Аналіз отриманих даних свідчить, що всі досліджені осередки масового розмноження типографа перебувають у фазі кризи, або розсіювання.

Ключові слова: короїд-типограф, ялина, популяційні показники.

Вступ. Короїд-типограф *Ips typographus* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) поширений у лісах континентальної Європи з переважанням ялини та має вирішальний регуляційний вплив на приріст і життєздатність ялинових деревостанів (Cognato 2015). В Азії відомий один підвид, *I. typographus japonicus* (Niisima, 1909), виявлений у Китаї та Японії (Stark 1952, Furuta 1989). Вид відсутній на інших континентах, але помічений у портах США у період 1985–2000 рр. (Cognato 2015). Короїд-типограф окрім ялини також здатен заселяти інші хвойні породи, такі як *Abies* spp., *Larix* spp., *Pinus* spp. та *Pseudotsuga menziesii* (Stark 1952).

В Україні короїда-типографа виявлено в межах ареалу основної кормової породи – ялини європейської *Picea abies* (Linnaeus, 1881). Як показало наше попереднє дослідження, на прикладі заселення хвойних у Ботанічному саду ХНУ ім. В. М. Каразіна (місто Харків), типограф може заселяти 18 видів хвойних (Zinchenko et al. 2019).

У природних насадженнях короїд-типограф заселяє хворі та ослаблені дерева, а також ділянки свіжого бурелому, вітровалу, свіжі колоди на складах лісоматеріалів, лісосічні залишки на лісосіках тощо (Cognato 2015).

Філогеографічний аналіз популяцій короїда-типографа в Європі виявив існування північної та південної груп гаплотипів цього виду (Mayer et al. 2015).

Імаго зимують у підстилці або в корі дерев, де проходив їхній розвиток, а навесні починають розлітатися в пошуках нових дерев для заселення. Розлітання комах може бути дуже широким: на десятки кілометрів (Forsse & Solbreck 1985) або на ще більші відстані (понад 100 км) (Montano et al. 2016). Комахи часто заселяють дерева, які всихають, але можуть масово заселяти й здорові дерева, знищуючи на великій площі ялинові насадження. Короїд-типограф може давати від одного до трьох поколінь на рік, а також часто – й сестринське покоління (Stark 1952).

За низької чисельності популяції жуки переважно заселяють ослаблені дерева. Якщо чисельність різко збільшується, наприклад, після бурелому, коли збільшується об'єм доступного кормового субстрату, жуки починають заселяти здорові дерева. Короїди можуть бути переносниками патогенних офіостомових грибів та інокулювати дерева, які заселяють (Yamaoka et al. 1997, Jankowiak et al. 2004, Kirisits et al. 2004), що прискорює загибель дерев. Атаковані короїдами дерева також приваблюють комах-конкурентів та ентомофагів (Mills et al. 1991; Kenis et al. 2004). Основними факторами сприяння виникненню спалахів масового розмноження короїда-типографа є різке збільшення кормової бази (деревини після вітровалів, буреломів тощо), дефіцит літніх опадів та високі температури (Marini et al. 2016). Багато вчених прогнозують, що зміни клімату можуть змінити вольтинізм жуків (збільшити

кількість поколінь) та уразливість дерев, що призведе до значного збільшення збитків у недалекому майбутньому (Jonsson et al. 2011, Seidl and Rammer 2016).

До основних методів контролю та заходів запобігання поширенню осередків масового розмноження короїда-типографа рекомендовані вибіркові або суцільні санітарні рубки. Масове використання феромонних пасток нині вважають ненадійним методом через значну потенційну здатність короїда-типографа до поширення, тому рекомендовано їх використовувати лише для моніторингу (Montano et al. 2016).

Переважаюча кількість досліджень присвячена популяціям короїда-типографа у природних насадженнях, даних щодо стану популяцій короїда на обмежених територіях чи у невеликих штучних насадженнях ялини нами не знайдено.

Водночас на території ботанічного саду ХНУ ім. В. М. Каразіна (загальна площа 41,9 га) короїд-типограф та інші види короїдів стали причиною всихання великої кількості ялин (Botanical garden 2019). Стан хвойних порід поступово погіршувався, оскільки більшість екземплярів були штучного походження, а умови росту, майже в центрі міста, практично не відповідають оптимальним для цієї породи. Отже, дерева стали привабливішими для заселення комплексом короїдів, серед яких визначено 4 види: короїд-типограф (*I. typographus*), гравер звичайний (*Pityogenes chalcographus* Linnaeus, 1761), сосновий короїд-крихітка (*Crypturgus cinereus* Herbst, 1793) та тайговий короїд-крихітка (*C. subcribrosus* Eggers, 1933) (Zinchenko et al. 2019).

Усихання ялинових насаджень відбувається періодично в різних областях України: Вінницькій, Житомирській, Івано-Франківській, Закарпатській та інших (Kostyba et al. 2008, Porokhnyach 2012, Shparyk et al. 2013, Parpan et al. 2014, Kavun & Loginova 2017). Динаміка усихання залежить від багатьох факторів, основним із яких є погодні явища – тривалі літні посухи та висока температура повітря влітку, а також розвитку осередків масового розмноження стовбурових комах, зокрема короїда-типографа.

Мета дослідження – ідентифікувати фази розвитку осередків масового розмноження короїда-типографа в різних популяціях. Для досягнення мети дослідження поставлено такі завдання: обчислити популяційні показники короїда-типографа в різних регіонах виростання ялини європейської; визначити стан осередків масового розмноження короїда-типографа.

Матеріали й методи. Матеріал для визначення популяційних показників відібрано із заселених дерев ялини на території Ботанічного саду ХНУ ім. В. М. Каразіна, м. Харків (50°01'N, 36°13'E, висота над рівнем моря 140–150 м) і з насаджень Гребенівського та Зелем'янського лісництв ДП «Сколівське ЛГ» Львівського ОУЛМГ (48°58'N, 23°30'E, висота над рівнем моря 960 м), розташованого в південно-західній частині Львівської області на території трьох адміністративних районів: Сколівського, Стрийського й Турківського. Відібрано частини кори, оглянуто ділянки стовбурів ялини з осередків масового розмноження короїда-типографа, по 10 дерев із кожної дослідної ділянки.

Ентомологічний аналіз частин стовбурів модельних дерев виконували за Методичними рекомендаціями щодо обстеження осередків стовбурових шкідників лісу (Methodical recommendations 2010). Визначали такі показники: щільність поселення – кількість короїдних сімей на 1 дм²; довжину маточного ходу, енергію розмноження – відношення щільності молодого покоління до батьківського; продукцію – чисельність молодого покоління (жуки під корою або льотні отвори), шт.·дм⁻², та виживання – співвідношення кількості льотних отворів і личинкових ходів, %.

Видовий склад короїдів визначали за характерним відбитком маточних та личинкових ходів на корі та безпосередньо за імаго в лабораторних умовах за допомогою бінокулярного мікроскопа ZTX-20-W, визначників та атласів (Stark 1952, Pfeffer 1994, Nikulina 2014).

Статистичну обробку зібраного матеріалу здійснювали за допомогою пакета аналізу програми Excel.

Результати та обговорення. Розрахунки та аналіз популяційних показників короїда-типографа дають змогу визначити, в якому стані перебуває осередок масового розмноження:

початкова фаза, безпосередньо спалах (різке зростання чисельності), криза, або розсіювання. Порівняльну таблицю із середніми значеннями основних популяційних показників короїда-типографа із двох лісництв ДП «Сколівське ЛГ» і Ботанічного саду наведено нижче (табл. 1).

Таблиця 1

**Популяційні показники короїда-типографа на ялині європейській
у лісництвах ДП «Сколівське ЛГ» та в Ботанічному саду**

Показник	Середні значення популяційних показників*	Місця, де брали зразки			Варіанти для порівняння	$t_{\text{факт.}}$
		Гребенівське лісництво (а)	Зелем'янське лісництво (б)	Ботанічний сад (с)		
Щільність поселення, шт.·дм ⁻²	2,6–6,0	2,04 ± 0,63	3,47 ± 0,88	6,33 ± 2,60	а–б	0,0064
					а–с	0,0016
					б–с	0,0044
Довжина маточного ходу, см	5,1–7,0	6,04 ± 1,74	4,35 ± 0,48	4,36 ± 1,10	а–б	0,030
					а–с	0,0469
					б–с	0,9742
Енергія розмноження, разів	–	0,57 ± 0,45	0,36 ± 0,25	0,50 ± 0,28	а–б	0,1657
					а–с	0,7498
					б–с	0,1754
Продукція, шт.·дм ⁻²	10,1–15,0	4,23 ± 2,57	4,50 ± 1,88	5,11 ± 2,73	а–б	0,7397
					а–с	0,4954
					б–с	0,311
Вживання, %	–	5,3	11,3	5,9	–	–

Примітка: $t_{\text{табл}} = 2,37$ при $p = 0,05$.

* табличні значення (Methodical recommendations, 2006).

Одним із важливих популяційних показників є щільність поселення виду, яка виявляє співвідношення між чисельністю та кількістю придатного корму, а також наявність відповідних умов поселення на дереві. Щільність поселення виду – це якісний індикатор ступеня принадності дерев для потреб шкідника (Kataev 1983).

Так, у Ботанічному саду щільність поселень короїда-типографа була максимальною – $6,33 \pm 2,6$ шт.·дм⁻², у зразках, відібраних із насаджень ДП «Сколівське ЛГ», показник щільності був меншим майже утричі – $2,04 \pm 0,63$ шт.·дм⁻² (Гребенівське лісництво), але різниця між ними не була статистично значущою при $p = 0,05$.

Довжина маточного ходу короїда-типографа мала максимальне значення у зразках із Гребенівського лісництва – $6,04 \pm 1,74$ см, у зразках із Зелем'янського лісництва та Ботанічного саду цей показник становив близько 4,3 см, але у разі попарного порівняння осередків різниця не була статистично значущою при $p = 0,05$.

Зазвичай показники продукції та енергії розмноження є максимальними в початковій стадії розвитку спалаху масового розмноження, але не завжди відповідають іншим фазам розвитку осередку (Maslov 2010). Кількісний вираз цих показників є відносним, але вони є важливими для оцінювання успішності розвитку потомства короїда. Енергія розмноження характеризує зміни чисельності комах від початку заселення дерев до вильоту жуків молодого покоління, тобто за період індивідуального розвитку комах. Цей показник варіював у дослідних зразках у діапазоні від $0,36 \pm 0,25$ до $0,57 \pm 0,45$ разу, але різниця між ними не була статистично значущою при $p = 0,05$.

Показник продукції був найвищим у зразках із Ботанічного саду ($5,11 \pm 2,73$ шт.·дм⁻²), у зразках із Зелем'янського лісництва становив $4,50 \pm 1,88$ шт.·дм⁻², Гребенівського лісництва – $4,23 \pm 2,57$ шт.·дм⁻². Як і для інших показників, у разі попарного порівняння різниця між продукцією не була статистично значущою при $p = 0,05$.

Механізм смертності – виживання короїда-типографа є складним та залежить від багатьох факторів, серед яких найбільш важливими є погодні умови, вік заселеного дерева, його стан, темпи розвитку короїда та ефективність його ентомофагів (Maslov 2010).

Показник відносного виживання нового покоління короїда-типографа був найвищим у зразках із насадження Зелем'янського лісництва (11,3 %), а у зразках із інших насаджень становив від 5,3 до 5,9 %.

За всіма популяційними показниками, які розраховували для зразків кори ялин в осередках масового розмноження короїда-типографа у Гребенівському, Зелем'янському лісництвах і Ботанічному саду, різниця не була статистично значущою.

Відносним показником плодючості самиць є довжина маточного ходу. Якщо хід прокладений без перешкод, то кількість яйцевих камер на 1 см ходу є майже стабільною й залежить від показника щільності поселення та умов розвитку (Maslov 2010).

Тісних зв'язків між довжиною маточних ходів та щільністю поселень короїда-типографа у насадженнях ДП «Сколівське ЛГ» не виявили (рис. 1).

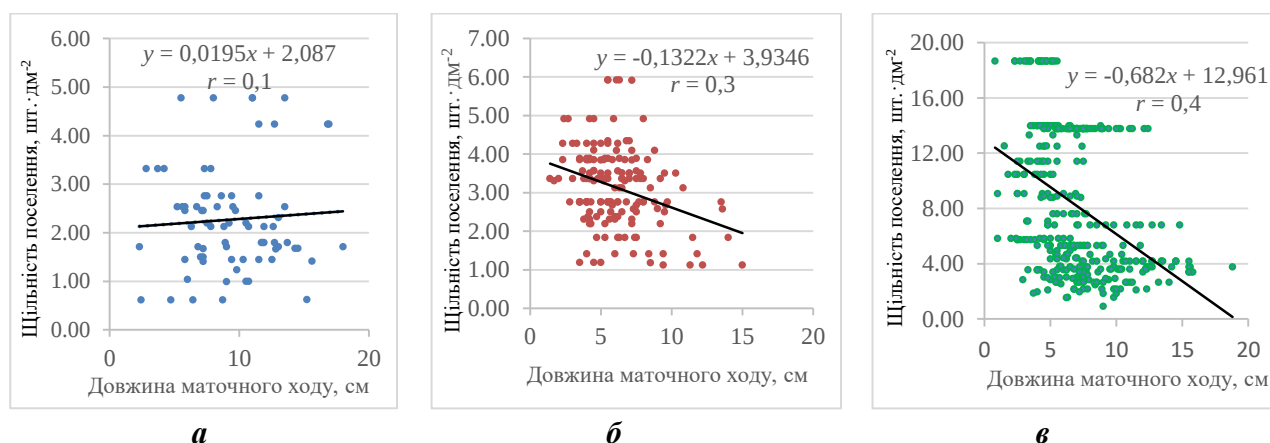


Рис. 1 – Кореляційний зв'язок між довжиною маточного ходу та щільністю поселення короїда-типографа у різних зразках: а –Гребенівське лісництво; б –Зелем'янське лісництво; в –Ботанічний сад

Для зразків кори з Гребенівського лісництва визначили слабкий кореляційний зв'язок ($r = 0,1$), який не був статистично значущим при $p = 0,05$. У зразках кори із Зелем'янського лісництва визначили слабкий кореляційний зв'язок ($r = 0,3$; статистично значущий при $p = 0,05$). Довжина маточних ходів короїда-типографа в зразках кори з Ботанічного саду певною мірою корелює зі щільністю поселень; у цьому випадку виявлено кореляційний зв'язок середньої сили ($r = 0,4$; статистично значущий при $p = 0,05$).

Порівнюючи отримані популяційні показники дослідних зразків (див. табл. 1) зі значеннями, характерними для різних фаз розвитку осередків масового розмноження короїда-типографа (табл. 2), виявили, що показник щільності поселення короїда у зразках із Гребенівського лісництва є меншим за середній та відповідає початковій фазі розвитку осередку, показник у зразках із Зелем'янського лісництва та Ботанічного саду відповідає власне спалаху.

Таблиця 2

Популяційні показники короїда-типографа, що відповідають різним фазам розвитку осередків масового розмноження (Maslov 2010)

Показник	Значення популяційних показників за фазами розвитку осередків		
	I – початкова (концентрації)	II – власне спалах	III – криза (розсіювання)
Щільність поселення, поселень / дм^2	менша за середню для виду	вища за середню або максимальна	середня – максимальна
Довжина маточних ходів, см	максимальна	близька до середньої	мінімальна – середня
Енергія розмноження, разів	3–5 і більша	1,5–3,0	менша за 1,0
Продукція	максимальна	близька до середньої	мінімальна – середня

Довжина маточного ходу в усіх зразках відповідає III фазі – кризи, або розсіювання осередку. Показник енергії розмноження є значно меншим за 1 в усіх зразках, що відповідає III фазі розвитку осередку. Продукція – нижча за середній показник для виду, це також є характерним для III фази розвитку осередку масового розмноження.

Таким чином, тільки показник щільності поселення короїда-типографа відповідає початковій фазі, або власне спалаху, всі інші визначені популяційні показники короїда-типографа зі зразків Гребенівського й Зелем'янського лісництв і Ботанічного саду свідчать, що осередки масового розмноження перебувають у фазі кризи, або розсіювання. Можна пояснити це застосуванням санітарних рубок у насадженнях ДП «Сколівське ЛГ» або зменшенням кормової бази для розвитку комах на території Ботанічного саду.

Під час підрахунку льотних отворів короїдів відзначали їхню різницю за діаметром та види, яким вони могли відповідати. Так, розмір льотних отворів дрібних короїдів *Pityogenes* sp. і *Crypturgus* sp. не перевищував 1,0–1,5 мм, короїда-типографа – становив 3 мм, вусачів 5–8 мм та більше. Як видно з рис.2, частка льотних отворів короїда-типографа в комплексі з комахами інших груп значно переважала у зразках з ДП «Сколівське ЛГ» і становила 78,3 та 62,2 % у зразках із Зелем'янського та Гребенівського лісництв відповідно.

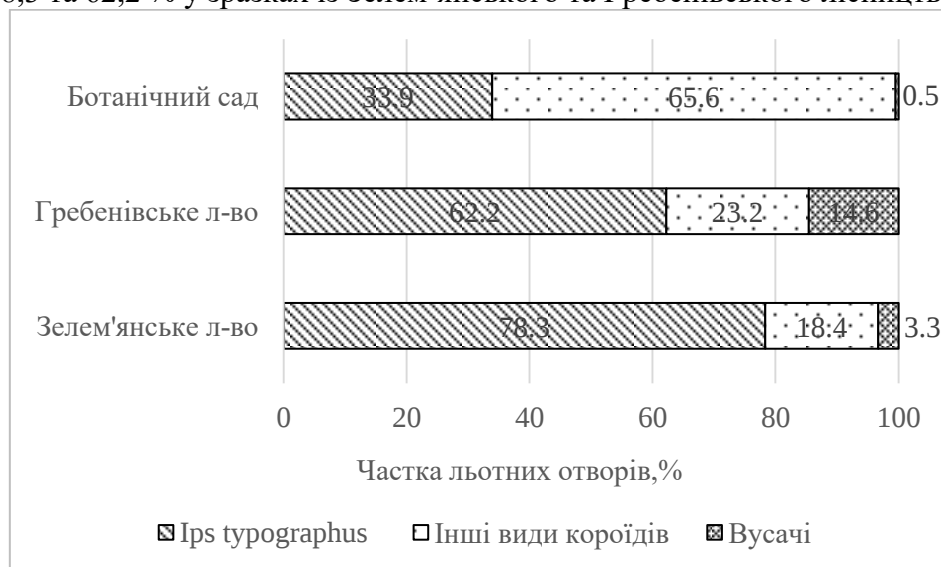


Рис. 2 – Частка льотних отворів різних груп стовбурових комах

У зразках із Ботанічного саду переважали за льотними отворами інші види короїдів. Це можна пояснити тим, що частка ялини в насадженні Ботанічного саду є незначною, там ростуть багато інших хвойних порід, що й розширює різноманіття комплексу короїдів.

Заселення ялини вусачами найчастіше відбувається у розріджених, добре освітлених ослаблених насадженнях. Вони конкурують із короїдами за субстрат і в таких випадках личинки вусачів виявляють себе як хижаки короїдів. Так, найбільшою частка льотних отворів вусачів була в зразках із Гребенівського лісництва (14,6 %), а найменшою – у Ботанічному саду (0,5 %).

Отже, осередки масового розмноження, які утворені західною та східною популяціями короїда-типографа, на час дослідження за різних причин знаходилися у фазі кризи.

Висновки. Щільність поселень короїда-типографа була максимальною у Ботанічному саду м. Харків, а найменшою – у зразках із насаджень Гребенівського лісництва. Найдовшими маточні ходи короїда-типографа були у зразках із Гребенівського лісництва. Значення показника продукції було найвищим у зразках із Ботанічного саду.

Відносне виживання нового покоління короїда-типографа було найвищим у зразках із насаджень Зелем'янського лісництва, а у зразках із інших насаджень – удвічі меншим. Різниця між осередками за всіма розрахованими популяційними показниками не була статистично значущою.

Тісних зв'язків між довжиною маточних ходів та щільністю поселень короїда-типографа у насадженнях ДП «Сколівське ЛГ» не виявлено. Довжина маточних ходів короїда-типографа в зразках з Ботанічного саду значуще корелює зі щільністю поселень ($r = 0,4$).

За часткою льотних отворів короїд-типограф переважав в осередках зі Львівської області, тоді як у зразках із Ботанічного саду м. Харків переважали інші види короїдів.

Усі досліджені осередки масового розмноження короїда-типографа перебувають у фазі кризи, або розсіювання.

ПОСИЛАННЯ – REFERENCES

- Botanical garden. 2019. [Electronic resource]. V. N. Karazin Kharkiv National University. Available at: https://www.univer.kharkov.ua/ua/general/structure/scientific_institutions/botanical_garden (accessed 28.10.2020) (in Ukrainian).
- Cognato, A. 2015. Biology, Systematics, and Evolution of *Ips*. Chapter 9. In: Vega, F. E., Hofstetter, R. W. (Eds.). Bark Beetles. Academic Press, 351–370. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417156-5.00009-5>
- Forse, E. and Solbreck, C. 1985. Migration in the bark beetle *Ips typographus* L.: duration, timing and height of flight. Zeitschrift Für Angewandte Entomologie, 100 (1–5): 47–57.
- Furuta, K. 1989. A comparison of endemic and epidemic populations of the spruce beetle (*Ips typographus japonicus* Nijima) in Hokkaido. Journal of Applied Entomology, 107, 1–5: 289–295. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1989.tb00258.x>
- Jankowiak, R. 2004. Ophiostomatoid fungi associated with the spruce bark beetle (*Ips typographus*) new for Poland: occurrence and morphology. Phytopathol. Pol., 33: 5–21.
- Jönsson, A. M., Harding, S., Krokene, P., Lange H., Lindelöw, Å., Økland, B., Ravn, H. P., Schroeder, L. M. 2011. Modelling the potential impact of global warming on *Ips typographus* voltinism and reproductive diapause. Climatic Change, 109: 695–718.
- Katayev, O. A. 1983. Reproduction specificities of stem insects in spruce forests. Horae Societatis Entomologicae Unionis Sovieticae. Forest entomology, 65: 108–122 (in Russian).
- Kavun, E. M. and Loginova, S. O. 2017. Dynamics and distribution of major pests of Norway spruce and Scots pine in Vinnytsia and Zhytomyr regions. Agriculture and Forestry, 5: 174–182 (in Ukrainian).
- Kenis, M., Wermelinger B., Grégoire, J. C. 2004. Research on parasitoids and predators of Scolytidae in living trees in Europe – a review. In: Lieutier, F., Day, K., Battisti, A., Grégoire, J. C., Evans, H. (Eds.). Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe, a Synthesis. Kluwer, Dordrecht. p. 237–290.
- Kirisits, T. 2004. Fungal associates of European bark beetles with special emphasis on the Ophiostomatoid fungi. In: Lieutier, F., Day, K., Battisti, A., Grégoire, J. C., Evans, H. (Eds.). Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe, a Synthesis. Kluwer, Dordrecht. p. 181–235.
- Kostyba, M. V., Kramarets, V. O., Hrynyk, H. H., Buniy, V. Ya., Novorynsky, P. S. 2008. Decline of spruce stands in Bukovyna region. Forestry and Forest Melioration, 114: 152–158 (in Ukrainian).
- Marini, L., Økland, B., Jönsson, A. M., Bentz, B., Carroll, A., Forster, B., Grégoire, J. C., Hurling, R., Nageleisen, L. M., Netherer, S., Ravn, H. P., Weed, A., Schroeder, M. 2016. Climate drivers of bark beetle outbreak dynamics in Norway spruce forests. Ecography, 40: 1–10.
- Maslov, A. D. 2010. Typograph bark beetle and drying up of spruce forests. [Electronic resource]. Pushkino, VNIILM, 137 p. (in Russian). Available at: <http://www.vniilm.ru/docs/pdf/izdaniya/Edition-Maslov-Koroed-tipograf-i-usyhanie-elovykh-lesov.pdf> (accessed 28.10.2020) (in Russian).
- Mayer, F., Piel, F. B., Cassel-Lundhagen, A., Kirichenko, N., Grumiau, L., Økland, B., Bertheau, C., Gregoire, J. C., Mardulyn, P. 2015. Comparative multilocus phylogeography of two Palaearctic spruce bark beetles: influence of contrasting ecological strategies on genetic variation. Molecular Ecology, 24: 1292–1310.
- Methodical recommendations on inspection of stem forest pests' foci. 2010. Meshkova, V. L. (Ed.). Kharkiv, URIFFM, 27 p. (in Ukrainian).
- Mills, N. J., Kruger, K., Schlup, J. 1991. Short-range host location mechanisms of bark beetle parasitoids. J. Appl. Entomol., 111: 33–43.
- Montano, V., Bertheau, C., Doležal, P. et al. 2016. How differential management strategies affect *Ips typographus* L. dispersal. For. Ecol. Manag., 360: 195–204.
- Nikulina, T. V. 2014. The keys for identification of bark-beetles (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) of Ukraine. Caucasian Entomological Bulletin, 10(1): 89–106 (in Russian).
- Parpan, V. I., Shparyk, Yu. S., Slobodyan, P. Ya. et al. 2014. Forest management peculiarities in secondary Norway spruce (*Picea abies* (L.) H. Karst) stands of the Ukrainian Carpathians. Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, 12: 20–29 (in Ukrainian).
- Pfeffer, A. 1994. Zentral- und Westpaläarktische Borken- und Kernkäfer (Coleoptera: Scolytidae, Platypodidae). Entomologica Basiliensia, 17: 5–310.

Porokhnyach, I. V. 2012. Features of drying out Norway spruce stands in Novgorod-Seversky Polissya and distribution of *Ips typographus* in them. Forestry and Forest Melioration, 121: 181–191 (in Ukrainian).

Seidl, R. and Rammer, W. 2016. Climate change amplifies the interactions between wind and bark beetle disturbances in forest landscapes. Landscape Ecology, 32: 1485–1498.

Shparyk, Yu. S., Parpan, T., Slobodyan, P. Ya., Savchyn, T. I., Buniy, V. Ya. 2013. Parching spruce forests on the north-eastern slope of the Ukrainian Carpathians. Scientific Bulletin of UNFU, 23.5: 141–147 (in Ukrainian).

Stark, V. N. 1952. Bark beetles (Ipidae [Scolytidae]). Fauna of USSR. Vol. 31. Moscow; Leningrad, AN SSSR, 464 p. (in Russian).

Yamaoka, Y., Wingfield, M. J., Takahashi, I., Solheim H. 1997. Ophiostomatoid fungi associated with the spruce bark beetle *Ips typographus* f. *japonicus* in Japan. Mycol. Res., 101: 1215–1227. DOI: 10.1017/S0953756297003924.

Zinchenko, O. V., Kukina, O. M., Skrylnyk, Yu. Ye 2019. Bark beetles of coniferous trees in Botanical garden of V. N. Karazin kharkiv National University. Forestry and Forest Melioration, 134: 141–146 (in Ukrainian).

Kukina O. M., Zinchenko O. V.

STATE OF THE BARK BEETLE (*IPS TYPOGRAPHUS* L.) OUTBREAK FOCI IN DIFFERENT REGIONS OF UKRAINE

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

Bark beetle typographer (*Ips typographus*) is one of the most dangerous species of spruce stem insects. We compared the main indicators for different populations from the spruce stands of Lviv Region and Kharkiv to determine the condition of the bark beetle foci. The population density, length of the beetle galleries, energy of reproduction, production and survival were determined. The difference between the population parameters from the spruce trees of Grebenivske and Zelemianske forestries and the Botanical Garden was not statistically significant.

The proportion of the exit holes was significantly higher in the samples from the Zelemianske and Grebenivske forestries and amounted 78.3 and 62.2 %, respectively, in comparison with other groups of insects. In the samples from the Botanical Garden, bark beetles dominated, including *Pityogenes* sp. and *Crypturgus* sp. All studied bark beetle foci are undergoing phases of crisis, or dispersal.

Key words: stem pests, spruce, population parameters.

E-mail: ol.kukina@gmail.com; zinch.ov@gmail.com

Одержано редколегією 10.11.2020



І. М. УСЦЬКИЙ, О. А. МИХАЙЛІЧЕНКО, І. В. ЖАДАН
ДИНАМІКА ПЛОЩ ВСИХАЮЧИХ СОСНОВИХ НАСАДЖЕНЬ ВОЛИНСЬКОГО
ОУЛМГ ЗА ПЕРІОД 1994–2018 рр.

Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького

Протягом 1994–2018 рр. основним чинником всихання соснових лісів Волинського ОУЛМГ були збудники хвороб із переважанням кореневої губки. Протягом 2000–2009 рр. патологічні процеси в соснових насадженнях охоплювали площу 4,7–5,5 тис. га. Станом на 2018 р. площі соснових насаджень, що всихають, різко збільшилися майже до 34 тис. га у зв'язку з масовим розмноженням верхівкового короїда (*Ips acuminatus* Gyll.). Сприятливими факторами для поширення верхівкового короїда, окрім кореневої губки, були вітровали, буреломи, сніголами (2009 р. – 0,8 тис. га) та пожежі (2000 р. – 1,5 тис. га). Найбільші площі охоплені патологічними процесами в штучно створених насадженнях VI та VII класів віку – 64 % від загальної площі всіх соснових насаджень, які всихають, тоді як частка насаджень такого віку у лісовому фонді становить 41 %. Одержані дані свідчать про необхідність зниження віку стиглості до 51–70 років із урахуванням стану насаджень. Частка соснових насаджень, сприйнятливих до патологічних процесів, становить близько 48 % площі всіх сосняків Волинського ОУЛМГ. Переважно це – соснові насадження I–VI класів віку, з яких 70–90 % – штучно створені чисті або близькі до них (8 і 9 одиниць сосни) насадження.

Ключові слова: патологічні процеси, соснові деревостани, усихання, коренева губка, верхівковий короїд.

Вступ. За ініціативою УкрНДІЛГА з 1994 р. започатковано проведення лісопатологічного моніторингу на основі періодичних обліків лісових насаджень, в яких відзначено патологічні процеси. Основою лісопатологічного моніторингу є спостереження за змінами стану насаджень під впливом біотичних та абіотичних факторів. Зміни узагальнюють за трирічні періоди станом на останній рік і вносять дані до бази лісопатологічної інформації. Інформацію збирають працівники лісогосподарських підприємств в усіх підвідомчих Держлісагентств лісах на основі «Методичних указівок зі збору інформації для повидільної бази даних лісів України, в яких відмічені патологічні процеси», розроблених в УкрНДІЛГА (Ustskiy 2008). Останнє узагальнення даних щодо динаміки лісопатологічних процесів проведено станом на 2018 р. (Ustskiy 2019). Результати узагальнення даних свідчать про поступове збільшення площ патологічних процесів і, відповідно, збільшення обсягів санітарних рубок. Останнім часом, особливо в умовах Західного та Центрального Полісся України, відбувається масове всихання соснових насаджень унаслідок спалахів верхівкового короїда (Meshkova et al. 2015, Borodavka et al. 2016), що призвело до суттєвого зростання обсягів санітарних рубок. Спалах масового розмноження стовбурових шкідників відбувся на тлі хронічних осередків кореневої губки, періодичних пожеж, буреломів і вітровалів.

Загалом значне зростання площ патологічних процесів спричиняє суттєві матеріальні втрати, оскільки під час проведення санітарних заходів вирубуванню підлягають дерева IV–VI категорій санітарного стану. Хронічна втрата деревини та розладнання соснових насаджень, уражених кореневою губкою, зумовили розроблення рекомендацій щодо зниження їхнього віку рубки (Ladeyshchikova et al. 2001). Погіршення стану соснових насаджень обумовлене кліматичними змінами та пов'язане зі спрощеною структурою деревостанів. Значні площі соснових насаджень, охоплені масштабними патологічними процесами, та суттєві матеріальні втрати свідчать про необхідність зменшення віку стиглості таких насаджень.

У практиці лісового господарства переважно керуються природними, поновлювальними, кількісними, технічними, захисними, якісними, господарськими та фінансовими віками стиглості. Проте визначальними для призначення віку рубки є вік кількісної та технічної стиглості. Основним критерієм для призначення віку рубки насаджень є максимальний приріст найцінніших сортиментів. Так, згідно із Правилами рубок головного користування в експлуатаційних соснових насадженнях вік рубки визначено 81–90 років, а в захисних, рекреаційних та інших насадженнях – 101–110 років (Hirs & Lakyda 2007, Rules of the main-

use felling 2010). За проєктом, розробленим в УкрНДЛГА, вік рубки для сосни звичайної підвищено на один-два класи віку. Так, для експлуатаційних лісів рівнинної частини України проєктний вік диференційовано за бонітетами: I і вище – 91–100 років, II і нижче – 81–90 років. (Torosov et al. 2019). Дещо ширший діапазон віку рубок залежно від бонітету та походження запропонований на основі узагальнення відсотків поточної зміни запасів насаджень (Polyakova et al. 2002). Проте погіршення товарності деревини у зв'язку з поширенням патологічних процесів потребує іншого підходу до визначення віку стиглості штучно створених соснових насаджень із урахуванням природної стиглості, яка в сучасних умовах суттєво знизилася.

Мета досліджень полягає у визначенні вікового діапазону поширення патологічних процесів у соснових насадженнях, в якому площі поширення патологічних процесів сягають максимуму.

Матеріали й методи. Розподіл площі соснових деревостанів Волинського ОУЛГМ за походженням і породним складом аналізували на основі реляційної бази даних «Повидільна таксаційна характеристика лісу» Українського державного проєктного лісовпорядного виробничого об'єднання «Укрдержліспроект» станом на 01.01.2011.

Зміни стану соснових насаджень Волинського ОУЛГМ оцінювали за період 1992–2018 рр. на основі аналізу інформації баз даних за кожний трирічний період, починаючи з 1994 р. Зібрана інформація містить площі насаджень, в яких реєстрували певні патологічні процеси, таксаційні показники деревостанів, причини, що ініціювали патологічний процес, лісгосподарські заходи та їхні наслідки. Причини погіршення стану насаджень охоплюють близько 60 найменувань, які об'єднували в групи.

В основу лісопатологічного моніторингу було покладено ступінь патологічного всихання насаджень: 5–10 % – слабкий, 11–30 % – середній, понад 30 % – сильний. Усихання вважається патологічним у разі всихання дерев I та II класів Крафта. Для оцінювання масштабу патологічних процесів розглядали частку площі тієї або іншої породи, що всихає, від загальної покритої нею площі (% всх.). На основі цих показників запропоновано градацію ступенів розвитку (поширення) патологічних процесів: 0,1–2,4 % – слабкий; 2,5–5,0 % – середній; 5,1–10,0 % – сильний; 11–15 % – дуже сильний; 15,1–20,0 % – критичний; понад 20,0 % – екологічна катастрофа районного, обласного чи крайового масштабів. Віковий діапазон площ штучно створених соснових насаджень визначали шляхом аналізу даних повидільної бази даних лісів України. Зібрану інформацію узагальнювали за допомогою спеціальних програм за класами віку, повнотою, бонітетом і причинами погіршення стану насаджень. Загальну вікову динаміку площ соснових насаджень визначали станом на 2011 р. за даними обліку лісового фонду України (Reference book 2011) і порівнювали з віковою динамікою площ соснових насаджень, в яких визначено патологічні процеси.

Результати та обговорення. Погіршення стану соснових насаджень насамперед пов'язане з їхнім походженням. Переважну більшість цих насаджень створено в 50–60-х роках минулого століття. Це – чисті за складом або близькі до них насадження I–II класів бонітету з повнотою 0,7–0,8 (Ustskiy 2019). Результати аналізу складу насаджень свідчать, що чисті за складом і близькі до них природні та штучні насадження становлять 73 та 81 % площ відповідно (табл. 1).

Частка площ штучно створених соснових насаджень I–V класів віку становить 84–89 %. Дещо меншою є частка культур серед насаджень VI класу віку – 73 %. Насадження VII–X класів віку, які збереглися з довоєнного періоду, переважно мають природне походження, і частка культур тут становить 14–25 % (рис. 1). Загалом серед соснових насаджень Волинського ОУЛГМ близько 60 % площ зайняті штучно створеними насадженнями.

Зважаючи на те, що осередки кореневої губки відзначали переважно в чистих і близьких до них штучно створених соснових насадженнях (Lozytskyi et al. 2012), можна вважати, що

сприйнятливими до поширення патологічних процесів є близько 48,0 % усіх сосняків Волинського ОУЛМГ.

Таблиця 1

Площа соснових насаджень різного походження Волинського ОУЛМГ та частка сосни в їхньому складі
(за даними повидільної бази даних ВО «Укрдержліспроект» станом на 2011 р.)

Походження	Частка сосни в складі насаджень, одиниць									
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	Загалом
Природне	<u>46253,2</u> 46,1	<u>13688,9</u> 13,6	<u>13541,0</u> 13,5	<u>9253,2</u> 9,2	<u>7053,6</u> 7,0	<u>5630,2</u> 5,6	<u>4270,2</u> 4,2	<u>806,3</u> 0,8	<u>36,3</u> 0	<u>100533,0</u> 100
Штучне	<u>78513,7</u> 53,1	<u>20469,0</u> 13,8	<u>20322,8</u> 13,7	<u>11296,8</u> 7,6	<u>8156,9</u> 5,5	<u>5038,7</u> 3,4	<u>3424,2</u> 2,3	<u>887,1</u> 0,6	<u>50,1</u> 0	<u>148159,0</u> 100
Загалом	<u>124766,9</u> 50,2	<u>34157,9</u> 13,7	<u>33863,8</u> 13,6	<u>20550,0</u> 8,3	<u>15210,5</u> 6,1	<u>10668,9</u> 4,3	<u>7694,4</u> 3,1	<u>1693,4</u> 0,7	<u>86,4</u> 0	<u>248692,0</u> 100

Примітка. Чисельник – га, знаменник – %.

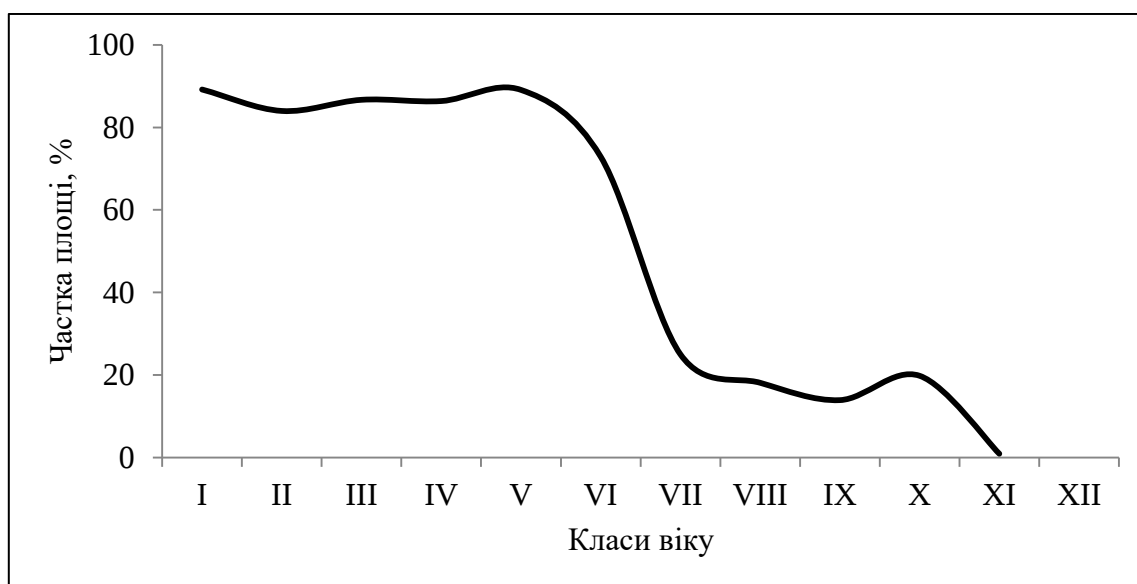


Рис. 1 – Частка площ штучних соснових насаджень від загальної площі соснових насаджень у кожному класі віку Волинського ОУЛМГ, %

У Волинському ОУЛМГ серед насаджень різних порід, в яких зареєстровані патологічні процеси станом на 2018 р., понад 80,0 % за площею сягають соснові насадження. У загальній площі лісів Волинського ОУЛМГ соснові насадження становлять 57,0 %. Аналіз даних свідчить, що частка всихаючих в тому чи іншому ступені соснових насаджень становить 15,0 % від укритих сосновими насадженнями площ, що за нашою градацією відповідає дуже сильному ступеню поширення патологічних процесів. Якби патологічні процеси поширювалися рівномірно, то частка насаджень певної породи, що всихають, від загальної площі насаджень, в яких їх виявлено, відповідала б частці площ, яку займає порода на певній території, і в цьому разі інтенсивність всихання дерев не перевищувала би межі природного відпаду. У Волинському ОУЛМГ частка площі соснових насаджень, в яких визначено патологічні процеси, перевищує частку вкритих сосновими насадженнями площ на 24,0 %, що свідчить про приуроченість патологічних процесів до певних умов. Загалом таке перевищення відзначено для осики (7,0 %), ялини (0,4 %) та ясеня (0,5 %), що відповідає загальній тенденції поширення патологічних процесів у лісах України (табл. 2).

Загальна динаміка площ усихаючих у тому чи іншому ступені соснових насаджень за період 1994–2018 рр. свідчить, що від 2000 до 2009 р. їхня площа змінювалася від 4,7 тис. га до 5,5 тис. га, що відповідає слабкому ступеню поширення патологічних процесів. Від

2012 р. площі патологічних процесів збільшилися і станом на 2018 р. досягли майже 34 тис. га (рис. 2).

Таблиця 2

Площа (чисельник, га) та частка (знаменник, %) насаджень Волинського ОУЛМГ, що всихають, за головними породами

Станом на	Лісоутворювальні породи, $\frac{\text{га}}{\%}$								Загалом
	Береза повисла	Вільха чорна	Дуб звичайний	Осика	Сосна звичайна	Ялина звичайна	Ясен звичайний	Інші	
2018 р*	$\frac{1055}{2,4}$	$\frac{867}{2,0}$	$\frac{2284}{5,3}$	$\frac{3206}{7,4}$	$\frac{34923}{81,0}$	$\frac{544}{1,3}$	$\frac{222}{0,5}$	$\frac{38}{0,1}$	$\frac{43140}{100}$
2011 р**	$\frac{49775}{11,3}$	$\frac{67892}{15,5}$	$\frac{64665}{14,7}$	$\frac{1806}{0,4}$	$\frac{249970}{57,0}$	$\frac{4096}{0,9}$	–	$\frac{443}{0,1}$	$\frac{438647}{100}$

*Площа насаджень, що всихають.

**Вкриті лісовою рослинністю лісові ділянки.

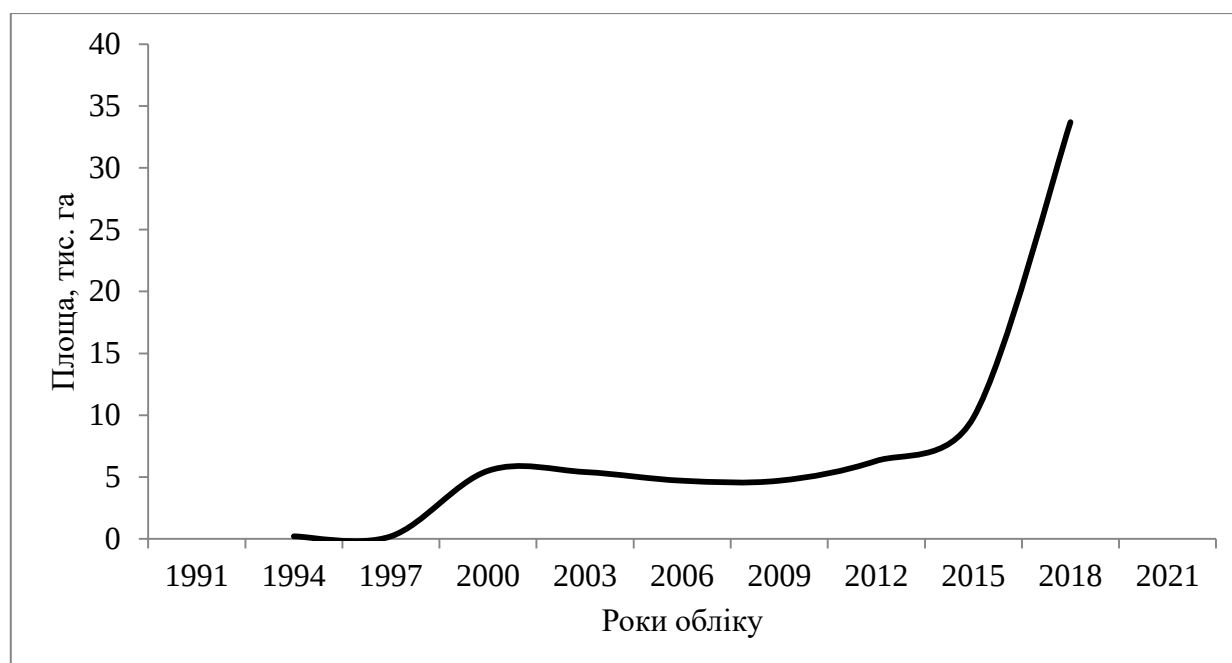


Рис. 2 – Динаміка площ усихаючих соснових насаджень Волинського ОУЛМГ за період 1991–2018 рр. (станом на 2009, 2012 та 2015 рр. дані неповні)

Різке збільшення площ, на яких відзначено патологічні процеси, у цей період пов'язано зі спалахом масового розмноження верхівкового короїда (*Ips acuminatus*), який відбувся на тлі посух 2010–2015 рр. і охопив територію Західного й Центрального Полісся та Правобережний Лісостеп. У зв'язку з осередками верхівкового короїда суттєво збільшилася площа сосняків, що хронічно всихали внаслідок дії комплексу еколого-кліматичних факторів та ураження кореневою губкою.

Результати досліджень свідчать, що за період 1992–2018 рр. усихання сосни внаслідок ураження верхівковим короїдом станом на 2015 та 2018 рр. становило 43,0 та 59,0 % відповідно від загальної площі насаджень, що всихають (табл. 3). Загалом за всі роки досліджень основним чинником усихання соснових насаджень Волинського ОУЛМГ були хвороби, переважно – коренева губка. Частка площ насаджень, усихання яких було ініційоване збудниками хвороб, станом на 2018 р. становила понад 11 тис. га, що загалом сягає 33 % від загальної площі усихаючих насаджень. Найбільшу частку насаджень, в яких реєстрували різні хвороби, у загальному патогенезі насаджень виявлено в період 2000–2009 рр. (62,0 % – 2000 р., 78,0 % – 2006 р.).

Таблиця 3

Розподіл площ соснових насаджень Волинського ОУЛМГ, що всихають, залежно від факторів, що спричинили всихання, станом на кожний третій рік періоду 1994–2018 рр. ($\frac{\text{га}}{\%}$)

Ініціювальні фактори	Рік обліку								
	2018	2015	2012	2009	2006	2003	2000	1997	1994
Короїд	$\frac{19\,901}{59,0}$	$\frac{3\,709}{43,0}$	–	–	–	–	–	–	–
Личинки хруща	–	–	–	–	–	$\frac{17}{0}$	$\frac{23}{0,4}$	–	–
Хвоєгризи	–	–	–	–	–	–	–	$\frac{21}{9,9}$	$\frac{10}{6,3}$
Хвороби	$\frac{11\,042}{33,0}$	$\frac{3\,500}{40,0}$	$\frac{3\,359}{54,0}$	$\frac{3\,294}{70,0}$	$\frac{3\,626}{78,0}$	$\frac{4\,065}{75,0}$	$\frac{3\,408}{61,5}$	$\frac{83}{39,2}$	$\frac{70}{44,0}$
Зміна гідрологічного режиму	$\frac{650}{2,0}$	$\frac{110}{1,0}$		$\frac{430}{9,0}$	$\frac{813}{18,0}$	$\frac{910}{17,0}$	$\frac{493}{9,0}$	$\frac{3}{1,4}$	$\frac{10}{6,3}$
Ґрунтові умови	–	$\frac{10}{0}$	–	–	$\frac{2}{0}$	$\frac{12}{0}$	$\frac{6}{0,1}$	–	–
Вітровал / бурелом	–	$\frac{2}{0}$	–	$\frac{655}{14,0}$	$\frac{7}{0}$	$\frac{114}{2,0}$	$\frac{467}{8,4}$	–	–
Сніговал / сніголам	–	–	–	$\frac{10}{0}$	$\frac{57}{1,0}$	$\frac{106}{2,0}$	$\frac{538}{9,7}$	–	–
Пожежа	–	–	–	$\frac{131}{3,0}$	$\frac{60}{1,0}$	$\frac{103}{2,0}$	$\frac{449}{8,1}$	–	–
Еколого-кліматичні фактори	$\frac{2\,105}{6,0}$	$\frac{1\,428}{16,0}$	$\frac{2\,941}{46,0}$	$\frac{62}{1,0}$	$\frac{53}{1,0}$	$\frac{11}{0}$	$\frac{32}{0,6}$	$\frac{32}{15,1}$	$\frac{25}{15,7}$
Господарство	–	–	–	$\frac{34}{1,0}$	$\frac{37}{1,0}$	$\frac{5}{0}$	$\frac{10}{0,2}$	–	–
Пром. забруднення	–	–	–	–	–	–	–	$\frac{17}{8,0}$	$\frac{36}{22,7}$
Не з'ясовано	–	$\frac{31}{0}$	–	$\frac{80}{2,0}$	$\frac{3}{0}$	$\frac{101}{2,0}$	$\frac{113}{2,0}$	$\frac{56}{26,4}$	$\frac{8}{5,0}$
Загалом	$\frac{33\,698}{100}$	$\frac{9\,800}{100}$	$\frac{6\,340}{100}$	$\frac{4\,696}{100}$	$\frac{4\,658}{100}$	$\frac{5\,444}{100}$	$\frac{5\,539}{100}$	$\frac{212}{100}$	$\frac{159}{100}$

Комплекс еколого-кліматичних факторів, таких як зміна клімату, високі температури вегетаційного періоду тощо, станом на 2012 та 2015 рр. було названо основним чинником погіршення стану насаджень (на 46 і 16 % відповідно), а станом на 1994 та 1997 рр. 15,1 та 15,7 % площ відповідно від усіх всихаючих насаджень. Водночас площі всихаючих насаджень станом на 1994 та 1997 рр. були порівняно незначними (159 га – 1994 р. та 212 га – 1997 р.). Так станом на 1994 та 1997 рр. відзначено спалахи масового розмноження хвоєгризів на площі 10 га (6,0 %) та 21 га (10,0 %) відповідно. Зміну гідрологічного режиму як чинник всихання соснових насаджень не було відзначено лише у 2012 р. Найбільшу частку сосняків, що всохли внаслідок дії цього фактору, відзначено станом на 2003 та 2006 рр. (17,0 %, або 0,9 тис. га та 18,0 %, або 0,8 тис. га відповідно) від загальної площі всихаючих лісів за цей період. Пошкодження насаджень сосни вітром відбувалося протягом 2000–2015 рр. Найбільш масштабні пошкодження соснових насаджень, спричинені сильним вітром, зафіксовано станом на 2000 р. – 467 га (8,7 %), 2003 р. – 114 га (2,0 %) та 2009 р. – 655 га (14,0 %). Суттєві пошкодження сосняків Волинського ОУЛМГ пожежами відзначали в період 2000–2009 рр., а наймасштабніші пожежі трапилися станом на 2000 р. – 449 га (8,0 % від площі всіх усохлих у цей період насаджень). Помилки під час проведення лісгосподарських заходів названо як причину всихання в період 2000–2009 рр. на незначних площах (5–37 га). Усихання соснових насаджень у результаті промислового забруднення лісів зафіксовано лише станом на 1994 та 1997 рр. – 36 (23,0 %) та 17 га (8,0 %) відповідно. Упродовж кожного періоду, за винятком 2018 р., причин всихання на площі 3–113 га не було визначено.

Станом на 2009 р. соснові насадження Волинського ОУЛМГ на площі майже 800 га було пошкоджено вітром та іншими стихійними явищами (снігом і пожежами). Ці явища сталися також у 2006, 2003 та особливо 2000 р., коли спричинили пошкодження майже 1,5 тис. га соснових насаджень. Пошкодження вітром і снігом визначали за видимими ознаками. Водночас площі соснових насаджень із пошкодженими кореневими системами та надламами гілок крони можуть у разі перевищувати площі сосняків із очевидними ознаками пошкодження, що, з нашого погляду, може бути базою поширення верхівкового короїда, який завжди присутній у хронічних осередках кореневої губки, площі яких починаючи з 2000 р. сягають 3,5–4,0 тис. га.

Відпад дерев у насадженні в процесі розвитку є закономірним явищем, його виявлено в насадженнях усіх класів віку, проте відчутні зміни стану насаджень та їхньої структури відзначають уже з III класу віку, коли загострюється конкуренція за світло й починається диференціація дерев за станом. Масштаби поширення лісопатологічних процесів у соснових насадженнях різних класів віку (рис. 3) свідчать, що найбільшу частку від усихаючих у тому чи іншому ступені насаджень становлять деревостани VI та VII класів віку – 41,0 та 24,0 % відповідно. Натомість частка площ усіх соснових насаджень VI та VII класів віку в загальному розподілі сосняків за класами віку (Reference book 2011) є суттєво меншою – 26,0 і 15,0 % відповідно, що свідчить про низьку біологічну стійкість штучних соснових насаджень віком понад 50 років.

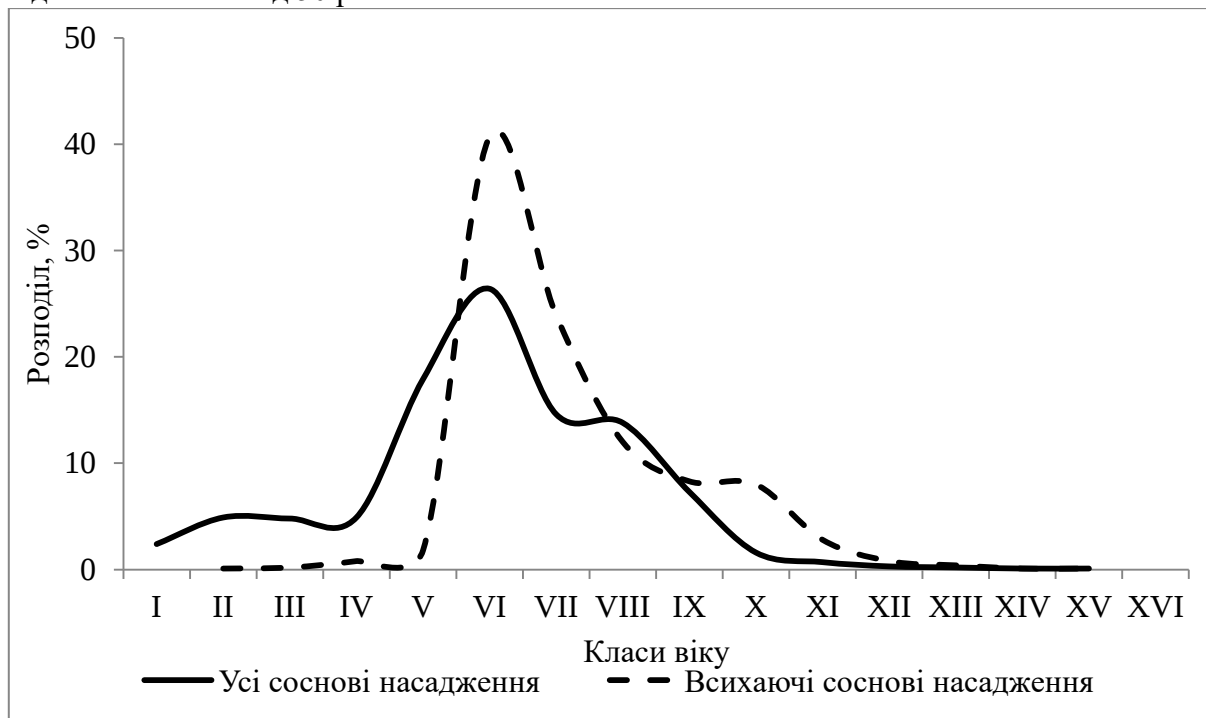


Рис. 3 – Розподіл за класами віку усіх соснових насаджень (станом на 2011 р.) і всихаючих соснових насаджень (станом на 2018 р.) Волинського ОУЛМГ

Частка всихаючих сосняків VIII–XV класів віку від загальної площі цих насаджень загалом є близькою до частки насаджень цих класів віку від загальної площі вкритих сосновими насадженнями лісових ділянок станом на 2011 р. Це свідчить, що, починаючи з VIII класу віку, патологічний відпад загалом відповідає природному. Якщо врахувати загальну тенденцію розподілу площ соснових насаджень за віком, то насадження VIII класу віку й старші є частиною деревостанів, які виявилися стійкішими до патологічних процесів, характерних для насаджень VI та VII класів віку. Значну частину цих насаджень видалено під час проведення санітарних рубок у VI–VII класах віку.

Враховуючи ситуацію, що склалася в лісах України, обсяги санітарних рубок закономірно збільшуватимуться. Зростатимуть також обсяги рубок переформування та

головного користування, зокрема суцільних. Заборона проведення санітарних рубок може спричинити критичні наслідки. Зокрема, накопичення ослаблених дерев провокує масовий розвиток стовбурових шкідників, що вже тривалий час відбувається в ялинових насадженнях, а останніми роками – і в соснових. Накопичення сухостою у хвойних насадженнях суттєво збільшує рівень пожежної небезпеки та ризик виникнення великих неконтрольованих пожеж.

Запізнення з проведенням необхідних заходів призводить до втрати товарності деревостану, значних матеріальних збитків та зростання витрат на лісовідновлення. За таких умов суттєво збільшується термін змикання культур і, відповідно, термін вирощування наступного покоління лісу.

На нашу думку, рубка штучних соснових деревостанів, у яких відзначено патологічні процеси, має призначатися у тому класі віку, в якому частка всихаючих насаджень від загальної площі насаджень, що всихають, перевищує частку площ соснових деревостанів у цьому віці від загальної площі сосняків у господарстві.

Висновки. За період 1994–2018 рр. основним чинником усихання соснових насаджень Волинського ОУЛМГ була коренева губка. Значні пошкодження сосняків вітром, снігом та пожежами сталися в періоди станом на 2009 р. та 2000 р. Станом на 2018 р. площі соснових насаджень, що всихали, різко збільшилися майже до 34 тис. га у зв'язку із масовим розмноженням верхівкового короїда. Найбільшу частку від площі всіх усихаючих соснових насаджень становлять насадження VI та VII класів віку (22 та 41 % відповідно). Частка площ усіх сосняків VI та VII класів віку в загальному розподілі сосняків за класами віку Волинського ОУЛМГ є суттєво меншою (26 та 15 % відповідно), що свідчить про низьку біологічну стійкість штучних соснових насаджень у цьому віці. У зв'язку із цим виникає необхідність зниження віку рубки таких насаджень до 51–70 років. Соснові насадження Волинського ОУЛМГ I–VI класів віку на 70–90 % площ є штучно створеними, з них понад 80 % – чисті або близькі до них за складом. Сприйнятливими до поширення патологічних процесів є близько 48 % усіх сосняків Волинського ОУЛМГ.

ПОСИЛАННЯ – REFERENCES

- Borodavka, V. O., Getmanchuk, A. I., Kychlyuk, O. V., Voytyuk, V. P. 2016. Pathological processes of withering pine stands in Volyn Polissya. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 238: 102–118 (in Ukrainian).
- Hirs, O. A. and Lakyda, O. I. 2007. Substantiation of maturity age for the main tree species in the forests of Ukraine. *Agricultural Science and Education*, 8(5–6): 103–109 (in Ukrainian).
- Ladeyshchikova, O. I., Utsky, I. M., Chernykh, O. H., Mokrytsky, V. O., Bersneva, L. O. 2001. A guide to protect pine plantations against root rot. Kharkiv, URIFFM, 28 p. (in Ukrainian).
- Lozitskiy, V. G., Utsky, I. M., Vedmid, M. M., Rogovyi, V. I. 2012. Features of distribution of root rot in pine forests of Chernigiv Polissia. *Scientific Bulletin of UNFU*, 22(14): 74–79 (in Ukrainian).
- Meshkova, V. L., Kochetova, A. I., Zynchenko, O. V. 2015. The pine engraver beetle *Ips acuminatus* (Gyllenhal, 1827) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) in the North-Eastern Steppe of Ukraine. *Kharkov Entomological Society gazette*, XXIII (2): 64–69 (in Ukrainian).
- Polyakova, L. V., Kirilyuk, S. L., Storozhuk, V. F., Popkov, M. Yu., Savushchik, M. P., Siryk, A. A. 2002. Change of age of stand maturity is the way to forest age structure and forest use scale optimization. *Forestry and Forest Melioration*, 101: 120–125 (in Ukrainian).
- Reference book of the forest fund of Ukraine based on the data of state forest inventory as of 01.01.2011. 2011. Irpin, 124 p. (in Ukrainian).
- Rules of the main-use felling in the forests of Ukraine. 2010 [Electronic resource]. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0085-10#Text> (accessed 18.07.2020) (in Ukrainian).
- Toroso, A. S., Zhezhkun, I. M., Kalashnikov, A. O., Kharchenko, Yu. V. 2019. Economic justification of main felling age for forest stands. *Scientific Bulletin of UNFU*, 29(4): 82–85 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.15421/40290417>.
- Ustskiy, I. M. 2008. Methodological instructions on gathering information for the database of forests of Ukraine, in which pathological processes are noted. Kharkiv, URIFFM, 14 p. (in Ukrainian).
- Ustskiy, I. M. 2019. To study ecological and biological bases of resistance of stands of the main forest-forming species to mass pathogenic phenomena. Final Scientific Report. Theme 9. URIFFM. DR 0115U001198; KP 00994064; (in Ukrainian). Kharkiv, URIFFM, 458 p. (in Ukrainian).

Utsky I. M., Mykhailichenko O. A., Zhadan I. V.

CHANGES IN THE AREA OF DYING PINE STANDS MANAGED BY VOLYN REGIONAL DEPARTMENT OF FORESTRY AND HUNTING DURING 1992–2018

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

Analysis of pathological processes in the pine stands within Volyn Region during 1994–2018 showed that diseases were the main cause for pine decline during the entire observation period. The most common disease was root rot caused by *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. In 2000–2009, the area of the pine forests where pathological processes were observed made 4.7–5.5 thousand hectares. As of 2012, the area of dying pine stands increased sharply due to the mass propagation of bark beetle (*Ips acuminatus* Gyll.) up to almost 34 thousand hectares in 2018. In addition to the root rot, there were other favourable factors for bark beetle, namely damage to the pine trees from windbreaks, storms, snowstorms (800 hectares in 2009), and fires (1,500 hectares in 2000).

The largest areas of pathological processes were observed in planted stands of VI and VII age classes comprising 64 % of the total area of all dying pine stands, which was significantly less than their proportion in the total distribution of pine forests by age classes (41 %). It supports their low biological resistance and a necessity to decrease their maturity age to 51–70 years, depending on the health condition. The part of pine stands vulnerable to the spread of pathological processes was about 48 % of all pine forests in Volyn Region. These were mainly pine stands of I–VI age classes, with 70–90% of them artificially planted. More than 80 % were pure or nearly pure in composition.

Key words: pathological processes, Scots pine forests, forest decline, root rot, *Ips acuminatus*.

E-mail: ustskiy@uriffm.org.ua

Одержано редколегією 12.08.2020

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ

Редколегія збірника «Лісівництво і агролісомеліорація» (Україна, 61024, Харків-24, Пушкінська, 86, УкрНДЛГА) приймає до друку оригінальні статті, а також повідомлення та оглядові статті з лісівництва й лісознавства та суміжних галузей обсягом до 10 сторінок. Усі рукописи рецензують щонайменше два незалежні рецензенти. Редакційна колегія ухвалює остаточне рішення щодо можливості опублікування роботи. Редакція залишає за собою право вносити в текст необхідні зміни. Текст статті має відповідати загальним вимогам до написання наукових праць і бути відповідно структурованим (має містити такі розділи: **Вступ, Мета дослідження, Матеріали й методи, Результати та обговорення, Висновки, Посилання**, див. «Довідку для рецензента»). В тексті необхідно чітко сформулювати постановку завдання, мету досліджень, методику робіт, викласти результати і стислі висновки. Мета дослідження не повинна дублювати назву статті.

До редколегії подають електронний варіант статті, який слід надсилати на адресу:

Valentynameshkova@gmail.com або obolonik@uriffm.org.ua

Обов'язково зазначають контактну адресу (**e-mail**) одного з авторів.

Текст набирати у текстовому редакторі Word, подавати у форматі *.doc (*.docx). **Стили не застосовувати.**

У лівому верхньому куті зазначають УДК (10 pt). ІНІЦІАЛИ ТА ПРИЗВИЩЕ АВТОРІВ набирають великими буквами (12 pt, курсив), рівняють по центру. НАЗВУ СТАТТІ набирають великими літерами (12 pt, напівгрубий, рівняння по центру). Нижче вміщують (курсивом) *повну офіційну назву установи, де працюють автори*. Якщо автори працюють у різних установах, після кожного прізвища ставлять індекс, відповідно до якого розміщують назви установ. Анотацію українською мовою (**120–150 слів**) розміщують після назви установи, набирають шрифтом 10 pt, у кінці її вміщують ключові слова. Ключові слова не повинні повторювати слова із назви статті. Текст статті набирають шрифтом Times New Roman 12 pt, між рядками одинарний інтервал, розмір паперу А4, береги: угорі та внизу – 2,1 см, бокові – 2 см; номери сторінок у файлі не ставити. Рівняння тексту – по ширині, абзацний відступ 0,8 см.

Таблиці й рисунки повинні мати загальні назви та єдину нумерацію, бажано розміщувати їх після першого згадування. Ілюстрації не повинні дублювати таблиці.

Таблиці й рисунки надавати **лише в книжному форматі**.

Графіки й діаграми виконують засобами *Microsoft Excel*. Використовують **лише чорно-біле забарвлення та штрихування**. Назви рисунків набирають у тексті, а не на рисунку. Окремо додають файл *.xls для зручності редагування.

Скановані чорно-білі рисунки або фотографії подають у форматі *.jpg. На мікрофотографіях зазначають збільшення.

Назви рослин і тварин під час першого згадування слід наводити латинською мовою курсивом.

Автоматичні посилання на джерела **заборонені**. У тексті посилаються на автора (-рів) і рік публікації (у круглих дужках). Прізвища авторів наводять у транслітерації латиницею або в англійському варіанті написання, наприклад (Meshkova et al. 2002).

ПОСИЛАННЯ – REFERENCES вміщують після тексту статті. Джерела не нумерують, наводять за абеткою.

Назви джерел, написаних російською чи українською мовами, а також назви журналів (збірників), слід навести у перекладі на англійську мову, а потім у квадратних дужках [] – мовою оригіналу, зазначити мову оригіналу (in Ukrainian).

Зразки оформлення ПОСИЛАНЬ

Монографії:

Meshkova, V. L. 2009. Seasonal development of the foliage browsing insects [Сезонное развитие хвоелистогрызущих насекомых]. Kharkiv, Novoe slovo, 396 p. (in Russian).

Частина книги:

Davydenko, K. and Meshkova, V. 2017. The current situation concerning severity and causes of ash dieback in Ukraine caused by *Hymenoscyphus fraxineus*. In: Vasaitis, R. & Enderle, R. (Eds.). Dieback of European Ash (*Fraxinus* spp.): Consequences and Guidelines for Sustainable Management. Uppsala, p. 220–227.

Yeterovskaya, L. V., Donchenko, M. T., Lehtsier, L. V. 1984. Systematics and classification of man-made soils [Систематика и классификация техногенных почв]. In: Plants and Industrial Environment [Растения и промышленная среда]. Sverdlovsk, p. 14–21 (in Russian).

Без автора:

Current increment of forest stands and its desktop determining [Текущий прирост древостоев и его камеральное определение]. 1980. [Razin, G. S., Ed.]. Leningrad, LenNIILH, 46 p. (in Russian).

Статті у періодичних виданнях:

Los, S. A., Tereshchenko, L. I., Shlonchak, H. A., Samoday, V. P. and Neyko, I. S. 2015. Results of pine and oak plus trees selection in the plains of Ukraine and in Crimea in 2010–2014 [Результати відбору плюсових дерев сосни і дуба в рівнинній частині України та Криму у 2010–2014 pp.]. Forestry and Forest Melioration [Лісівництво і агролісомеліорація], 126: 139–147 (in Ukrainian).

Матеріали конференцій

Slobodyan, P. Ya. 2013. Classification of trees in stands for forest protection needs [Класифікація дерев у лісостані для потреб лісозахисту]. In: Forestry Education and Science: History, current State and Development Prospects. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference [Лісівнича освіта і наука: історія, сучасний стан та перспективи розвитку: матеріали міжнародної науков-практ. конф.]. Kharkiv, KhNAU, p. 155–158 (in Ukrainian).

Дисертації

Sydorenko, S. G. 2017. Postpyrogenic growth of Scots pine stands in the Left-bank Forest Steppe of Ukraine [Постпірогенний розвиток сосняків Лівобережного Лісостепу України]. PhD thesis [Дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук]. Kharkiv, 191 p. (in Ukrainian).

Автореферати дисертацій

Bobrov, I. O., 2016. Spread and injuriousness of pine bark bug in the stands of Novgorod-Siverske Polissya [Поширеність і шкідливість соснового підкорового клопа в насадженнях Новгород-Сіверського Полісся]. Extended abstract of PhD thesis [Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук]. Kharkiv, 22 p. (in Ukrainian).

Методичні рекомендації

Methodical recommendations on inspection of stem forest pests' foci [Методичні рекомендації щодо обстеження осередків стовбурових шкідників лісу]. 2010. Meshkova, V. L. (Ed.). Kharkiv, URIFFM, 27 p. (in Ukrainian).

Стандарти:

Forest inventory sample plots. Establishing method. Corporate standard 02.02-37-476:2006 [Площі пробні лісовпорядні. Метод закладання. СОУ 02.02-37-476:2006]. 2007. Valid from May 1, 2007. Kyiv, Ministry of Agrarian Policy of Ukraine, 32 p. (in Ukrainian).

Електронні ресурси:

WeatherUnderground [Weather Forecast and Reports – Long Range and Local]. 2017. [Electronic resource]. The Weather Company, LLC. Available at: <https://www.wunderground.com/history/airport/UKHH> (accessed 30.04.2020).

Sanitary Forests Regulations in Ukraine [Санітарні правила в лісах України]. 2016. [Electronic resource]. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No 756 dated 26 October 2016 [Постанова Кабінету міністрів України від 26 жовтня 2016 р. № 756]. Available at: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/555-95-п> (accessed 30.04.2020) (in Ukrainian).

Анотацію англійською мовою набирають за такими ж правилами, як і українською, але вміщують після «ПОСИЛАНЬ». Перед текстом анотації англійською мовою (10 pt) вміщують прізвища та ініціали авторів, назву статті, назву установи, після тексту анотації – ключові слова.

Окремим файлом (формат .doc, .rtf) до статті необхідно подати **розширене резюме (SUMMARY) англійською мовою (загальна кількість знаків без пробілів 2700–3000)**. Резюме має бути відповідним чином структурованим, зокрема має містити такі структурні елементи: **Introduction, Materials and Methods, Results, Conclusions, Key words**. Таке резюме у паперовому варіанті друкуватися не буде, але є обов'язковим для розміщення на веб-сторінці видання.

Сайт збірника «Лісівництво і агролісомеліорація»: <http://forestry-forestmelioration.org.ua>

ДОВІДКА РЕЦЕНЗЕНТА

Рецензент статей, які можуть бути надруковані у збірнику наукових праць «Лісівництво і агролісомеліорація», має звернути увагу на такі аспекти.

1. Назва статті – чи відображає зміст і мету статті, чи є достатньо унікальною (з уточненням регіону, лісорослинних умов тощо) і достатньо лаконічною.

2. Чи тема відповідає науковому профілю збірника?

3. Чи є тема актуальною, чи містить новизну та практичне значення?

4. Анотація – чи відповідає змісту та висновкам, чи достатнього обсягу (120–150 слів)?

5. Резюме англійською мовою, яке має розміщуватися на сайті, має містити 2700–3000 знаків без пробілів і бути структурованим: *Introduction. Materials and Methods. Results. Conclusions. Key words.*

6. Ключові слова мають бути адекватні статті (до 5 слів чи словосполучень). Вони не повинні повторювати слова із назви статті.

7. У Вступі має бути наведено стан питання, вказано, що не вивчено або вивчено недостатньо, які є суперечні дані. В кінці вступу має бути сформульована мета дослідження. Мета не повинна дублювати назву статті.

8. Матеріали й методи. Де, коли і як проведено дослідження? Які статистичні методи використано для аналізу одержаних даних? Чи надано достатні подробиці, щоб незалежний дослідник міг відтворити роботу? Якщо методики вже опубліковано, на них має бути посилання. Будь-які зміни в існуючих методиках також мають бути описані.

9. Результати та обговорення. Чи результати дослідження вірно представлені? Чи коректно побудовані таблиці та графіки? Чи на всі таблиці та рисунки є посилання у тексті? Звернути увагу на точність округлення цифр у графіках і таблицях, на наявність пояснень символів у примітках. Чи наявний аналіз отриманих даних, порівняння з подібними публікаціями з інших регіонів? Дати можливі пропозиції за необхідності.

10. Чи висновки повно і вірно ілюструють результати дослідження, чи вони впливають із результатів?

11. Чи можуть або мають деякі частини статті бути скорочені, вилучені, розширені або перероблені? Чи є рекомендації з погляду стилю і мови?

12. Список літератури. Чи задовільні кількість літературних джерел і доцільність посилань? Чи оформлений список літератури за абеткою та згідно із сучасними вимогами, чи на всі джерела списку є посилання у тексті?

13. Рекомендації:

a. опублікувати без змін

b. може бути опублікована після незначних змін

c. може бути опублікована після значних змін

d. має бути відхилена

Додаткові думки, зауваження та рекомендації рецензента:

Підпис рецензента

ЗМІСТ

ЛІСІВНИЦТВО	
Бородавка В. О., Бородавка О. Б., Тарнопільська О. М., Шевчук В. В. Особливості природного поновлення сосни звичайної в умовах вологого дубово-соснового субору на зрубках вузьколісних рубок у Західному Поліссі <i>Borodavka V. O., Borodavka O. B., Tarnopil'ska O. M., Shevchuk V. V. Peculiarities of natural regeneration of Scots pine after strip felling in wet oak-pine forest in Western Polissya</i>	3
Румянцев М. Г., Кобець О. В. Таксаційні показники та продуктивність дубових насаджень Лівобережного Лісостепу України <i>Rumiantsev M. H., Kobets O. V. Mensuration indicators and productivity of oak stands in the Left-Bank Forest-Steppe zone of Ukraine</i>	9
СЕЛЕКЦІЯ, ДЕНДРОЛОГІЯ	
Дишко В. А. Особливості сортовипробування сосни звичайної на стійкість до кореневої губки у лісостеповій частині Харківської області <i>Dyshko V. A. Peculiarities of Scots pine variety testing for resistance to root rot in the forest-steppe part within Kharkiv Region</i>	16
Лось С. А., Самодай В. П., Годованій О. М., Григор'єва В. Г., Плотнікова О. М., Губін Є. А. Особливості росту та стану потомств плюсових і кращих дерев <i>Quercus robur</i> L. тростянецького походження <i>Los S. A., Samoday V. P., Godovany O. M., Grigorieva V. G., Plotnikova O. M., Gubin E. A. Growth and condition features of progenies of plus and best Quercus robur L. trees of Trostyanets origin</i>	23
Терещенко Л. І., Гордіяченко А. Ю., Самодай В. П. Мінливість і взаємозв'язки морфолого-анатомічних показників хвої сосни звичайної в умовах свіжого субору <i>Tereshchenko L. I., Gordiyashchenko A. Y., Samoday V. P. Variability and relationships of morphological and anatomical characteristics of Scots pine needles in the fresh relatively infertile pine site</i>	32
ЛІСОВІДТВОРЕННЯ, АГРОЛІСОМЕЛІОРАЦІЯ, ФІТОМЕЛІОРАЦІЯ	
Короткова Т. М., Соломаха Н. Г. Особливості природного заростання техногенних екотопів на відвалах розкривних порід Новотроїцького родовища флюсової сировини <i>Korotkova T. M., Solomakha N. G. Specific features of natural revegetation in technogenic ecotopes on overburden dumps in the Novotroitsky fluxe raw materials deposit</i>	41
Тарнопільський П. Б., Жадан І. В. Лісотипологічна характеристика насаджень на рекультивованих землях Юрківського вуглерозрізу Черкаської області <i>Tarnopil'sky P. B., Zhadan I. V. Forest typological characteristics of the stands grown on the reclaimed land of the Yurkivsky coal strip mine in Cherkasy Region</i>	51
ЕКОЛОГІЯ І МОНІТОРИНГ	
Букиша І. Ф., Пивовар Т. С., Пастернак В. П., Букиша М. І., Лялін О. І., Букиша Т. І. Застосування моделі Патерсона для оцінювання впливу зміни клімату на потенційну продуктивність лісів України <i>Buksha I. F., Pyvovar T. S., Pasternak V. P., Buksha M. I., Lialin O. I., Buksha T. I. Application of the Paterson model to assess climate change impact on the potential productivity of Ukrainian forests</i>	62
Коваль І. М. Кліматичний сигнал у регіональній деревно-кільцевій хронології дуба звичайного (<i>Quercus robur</i> L.) Лівобережного Лісостепу <i>Koval I. M. Climate signal in the regional tree-ring chronology of English oak (Quercus robur L.) in Left-Bank Forest-Steppe</i>	72
Мельник Є. Є., Ворон В. П. Сезонні особливості виникнення пожеж в листяних лісах зеленої зони міста Харків <i>Melnyk Ye. Ye., Voron V. P. Seasonal peculiarities of fire in deciduous forests in the Kharkiv green belt</i>	82
Сидоренко С. Г., Сидоренко С. В. Аналіз горимості лісів України як передумова лісопожежного районування <i>Sydorenko S. H., Sydorenko S. V. Analysis of fire risks in Ukrainian forests as a prerequisite for a national forest-fire zoning</i>	91
Соломаха Н. Г., Короткова Т. М. Динаміка рівня ґрунтових вод у дубових насадженнях лісоаграрного стаціонару ДП «Маріупольська лісова науково-дослідна станція» <i>Solomakha N. G., Korotkova T. M. Ground water level dynamics in oak stands in the permanent forest study area, Mariupol Forest Research Station</i>	102

ЗАХИСТ ЛІСУ	
<i>Davydenko K. V., Vysotska N. Yu., Yushchuk V. S., Markina T. Yu. Early effects of a forest fire on the diversity of fungal communities in pine forests in Left-Bank Ukraine with special emphasis on mycorrhizal fungi</i> <i>Давиденко К. В., Висоцька Н. Ю., Ющук В. С., Маркіна Т. Ю. Ранні наслідки впливу лісової пожежі на різноманітність грибних угруповань соснових лісів Лівобережної України з особливим акцентом на мікоризних грибах</i>	110
<i>Кукіна О. М., Зінченко О. В. Стан осередків масового розмноження короїда <i>Ips typographus</i> (L.) у різних регіонах України</i> <i>Kukina O. M., Zinchenko O. V. State of the bark beetle (<i>Ips typographus</i> L.) outbreak foci in different regions of Ukraine</i>	120
<i>Усцький І. М., Михайліченко О. А., Жадан І. В. Динаміка площ всихаючих соснових насаджень Волинського ОУЛМГ за період 1994–2018 рр.</i> <i>Ustsky I. M., Mykhailichenko O. A., Zhadan I. V. Changes in the area of dying pine stands managed by Volyn Regional Department of Forestry and Hunting during 1992–2018</i>	127
ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ	135
ДОВІДКА РЕЦЕНЗЕНТА	137