Наукові праці Лісівничої академії наук України
Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.15421/411929>
Article received 2019.05.28
Article accepted 2019.12.26

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online
@ ✉ Correspondence author
Yuriy Shparyk
yuriy.shparyk@gmail.com

Hrushevsky str., 31, Ivano-Frankivsk, 76018, Ukraine

УДК 630*187 : 631.524.85

Прогноз всихання ялиників в Українських Карпатах за типами лісу

Ю. С. Шпарик¹

Масове всихання ялинових лісів Українських Карпат в останнє десятиріччя вже у найближчому майбутньому зумовить дефіцит ялинової деревини, яка зараз є майже безальтернативною для різних галузей промисловості. Тому, актуальним є прогнозування площі та запасів ялини як з наукових позицій, так і для підприємств лісового господарства. Одним із найефективніших методів прогнозування є екстраполяція існуючих тенденцій, наприклад, всихання ялини, на перспективу. Закономірності всихання ялиників регіону були ідентифіковані на більш як 20 постійних дослідних об'єктах УкрНДІгріліс у 2010-2019 роках. Аналіз отриманих результатів дав змогу оцінити інтенсивність всихання ялиників за такими складовими: тип лісу, група віку, група повноти та частка ялини у породному складі.

Встановлено, що в умовах вологої чистої сушмеречини середня інтенсивність всихання (втрати запасу ялинової деревини) середньовікових і середньоповнотних лісів з часткою ялини у породному складі на рівні 6-7 одиниць склала 3, для вологої буково-ялицевої сушмеречини – 1, а для вологої буково-смерекової сушмеречини – 2% за рік. Виявлені тенденції всихання дали можливість підготувати схему розрахунку площі та запасу ялини на наступні 20 років. Прогнозування до 2040 р. дало такі результати: середні втрати площі ялиників у смерекових типах лісу складуть 28, в букових – 63, в ялицевих – 53%; середні втрати запасу ялинової деревини у смерекових типах лісу складуть 80, в букових – 92, в ялицевих – 80%. Сумарно в державних підприємствах лісового господарства Українських Карпат наслідком всихання стане зменшення площі ялиників з 425,6 до 328,9 тис. га, а запасу ялинової деревини – з 145,6 до 32,1 млн м³. Представлені розрахунки підтверджують необхідність розробки регіональної програми з відновлення ялинових лісів в Українських Карпатах.

Ключові слова: площа ялиників; запас ялинової деревини; інтенсивність всихання; лісорослинні умови; групи віку; повнота; склад деревостану; екстраполяція; державні підприємства лісового господарства.

Вступ. Багаторічні дослідження санітарного стану ялинових лісів Українських Карпат свідчать про наявність різнобічних проблем зі всиханням ялини в регіоні: швидкий ріст ялиників призводить до наявності в цих деревостанах мертвої деревини (відпаду), яка дає високий інфекційний фон і викликає потребу в проведенні заходів з поліпшення санітарного стану ялиників; коренева система смереки розташована у верхніх шарах ґрунту і за низької вологості повітря і відсутності постійних

опадів втрачає свою функціональність; розширення осередків *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. знижує стійкість ялиників; інтенсивне зростання чисельності *Ips typographus* L. за наявності сухою прискорює всихання ослаблених дерев ялини; похідні ялиники в переважній більшості ростуть у не властивих для смереки лісорослинних умовах, що зумовлює їх розкладання та всихання в більш молодому віці, порівняно з корінними деревостанами (Vasechko, 1967, Golubets, 1978, Bigun, 1990,

¹ Шпарик Юрій Степанович – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, доктор сільськогосподарських наук, головний науковий співробітник. Український науково-дослідний інститут гірського лісівництва імені П. С. Пастернака, вул. Грушевського, 31, м. Івано-Франківськ, 76018, Україна. Тел.: 0342-53-02-36, +38-050-188-02-61. E-mail: yuriy.shparyk@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8047-6356>

Trybun, 1996, Slobodyan, 2000, Debryniuk, 2011, Shparyk, 2013, Kramarets, 2018). А оскільки ці проблеми залежать від типів лісу, то прогноз всихання ялиників має базуватися саме на особливостях їхнього росту і розвитку, тобто – на результатах моніторингу дослідних об'єктів за типами лісу.

Всихання ялиників Українських Карпат в останні роки має поширення в усіх типах лісу, де росте ялина, а за охопленою площею (від 20 до 50 тис. га в рік) набуло характеру катастрофічного явища з антропогенних і природних причин. При цьому, масове всихання ялиників має місце не залежно від способів господарювання і типів деревостану. Під наметом більшості ялиників, що всихають, відмічено успішне природне поновлення, в якому не завжди переважає підріст ялини – частіше бук та ялиця (Fenton, Simard, & Bergeron, 2009, Mauér & Palátová, 2010, Janda et al., 2014, Debryniuk, 2014, Shparyk, 2014, Šebeň, Konôpka, Bošela, & Pajtk, 2015, FAO, 2016). Основним наслідком інтенсивного всихання ялини є зміна породного складу та головної породи в ялиниках Українських Карпат – місце *Picea abies* (L.) Karst. в деревостанах природним шляхом займає переважно *Fagus sylvatica* L., хоча в дубових типах лісу це може бути *Carpinus betulus* L., *Tilia cordata* Mill. чи клени, а в ялицевих – *Abies alba* Mill. Тобто, в лісівничому плані загрози втрати площі лісового фонду немає, хоча зрозуміло, що цінність ялинових та букових лісів для промислового використання різна. Розрахунок економічних (коротко- і довготермінових), екологічних (біорізноманіття, депонування вуглецю, продукування кисню) та соціальних (зайнятість місцевого населення, рекреаційна ємність) наслідків всихання ялиників регіону дає підстави говорити про наявність як негативних, так і позитивних аспектів у цьому процесі, і вони мають суттєві відмінності у різних типах лісу (Kirschbaum, 2004, Dunn et al., 2006, Feltona, Lindblad, Bruneta, J., & Fritz, 2010, UkrRIMF, 2014, Shparyk, 2017, 2019a).

При цьому ялинова деревина є основним круглим лісоматеріалом регіону, який використовують для виготовлення різноманітних пиломатеріалів. Так, за даними сортиментації деревини від рубок головного користування в 2020 р., вихід круглих лісоматеріалів у ялини майже в два рази більший, ніж у бука (75 проти 40%), а з урахуванням якості пиломатеріалів та їх ціни, про повноцінну заміну ялинових лісоматеріалів буковими говорити не доцільно. А незначні запаси ялицевої та модринової деревини в регіоні дають підставу говорити про винятково важливе економічне значення ялинової деревини для лісових та деревообробних підприємств Українських Карпат (SAFRU, 2019). Тому, прогнозування площі ялиників, які залишаться рости в перспективі, і особливо – запасів ялинової деревини в них, є актуальним для зміни пріоритетів у наукових дослідженнях і зміни лісівничих заходів у напрямі збереження ялини, а також для переорієнтації лісгосподарських підприємств на вирощування інших типів деревостанів.

Об'єкти та методика досліджень. Оскільки прогнозування – це оцінка (розрахунок) майбутнього стану предмету прогнозування на основі аналізу його попередньої динаміки (Bergha, 1998, Lavryk, 2010, Bokoch, Lakyda, Vasylyshyn, Terentjev, 2012, Lakyda & Blyshchik, 2014, Kansanen, Vauhkonen, Lähivaara, & Mehtälä, 2016), то для розрахунків змін в ялиниках Українських Карпат у найближчі роки використано інформацію про їх динаміку на постійних дослідних об'єктах за типами лісу. Об'єкти досліджень зосереджені більш як на 20-ти постійних пробних площах УкрНДІгріліс за участю смереки в основних типах лісу. Їхній лісівничо-таксаційний опис детально представлений в попередніх публікаціях (Shparyk, 2014, 2017, UkrRIMF, 2014). Предмет дослідження – інтенсивність змін запасів ялинової деревини та її частки в породному складі деревостанів в ялиниках регіону, які всихають, за типами лісу. Мета досліджень – дати прогноз площі ялиників та запасу ялинової деревини в Українських Карпатах за типами лісу на найближчі 20 років.

Інтенсивність всихання ялиників визначали на дослідних об'єктах у відсотках зменшення запасу деревини за роками. Для прогнозування змін санітарного стану ялиників прийнято базове положення, яке є результатом здійснених досліджень – інтенсивність всихання ялиників визначається трьома показниками в межах одного типу лісу: групою віку ялинових насаджень, повнотою деревостану, частотою ялини у породному складі. Для розрахунку прогнозних значень змін ялинових лісів використано функцію екстраполяції існуючих тенденцій цих змін. Великою перевагою такого методу є те, що існуючі закономірності в динаміці лісів мають місце на конкретних дослідних об'єктах і властиві саме для цих типів лісу.

Також як базове прийнято припущення, що кліматичні показники останніх років будуть мати сталі тенденції. Достовірні результати інтенсивності всихання ялиників були визначені лише для тих типів лісу, в яких було не менше трьох дослідних об'єктів – в умовах вологої чистої сушмеречини, вологої буково-ялицевої сушмеречини, вологої буково-смерекової сушмеречини. Для екстраполяції інтенсивності всихання ялиників на інші (не представлені на дослідних об'єктах) типи лісу використано наступні встановлені закономірності: за збільшення вологості типів лісу інтенсивність всихання ялини зменшується, а за зменшення вологості – збільшується; за збільшення трофності типів лісу інтенсивність всихання ялини зменшується, а за зменшення – збільшується; в мішаних лісостанах інтенсивність всихання ялини менша, ніж у чистих; в не смерекових типах лісу інтенсивність всихання ялини більша, ніж у смерекових, а в типах лісу за межами природного ареалу ялини інтенсивність всихання ще вища.

Методичні критерії прогнозування санітарного стану всихаючих ялиників підібрані через оцінку достовірності розроблених на їх основі прогнозів.

Її результатом стали наступні критерії прогнозування, які проранговані за впливом на інтенсивність всихання ялини: а) тип лісу визначає інтенсивність всихання, оскільки репрезентує лісорослинні умови та їх зміни за останні роки; б) група віку визначає певний рівень життєздатності ялиників, який зменшується з віком; в) повнота деревостану визначає мікроклімат у насадженні, який стає сухішим у випадку його розрідження (зменшення повноти); г) частка ялини в породному складі впливає на інтенсивність її всихання, оскільки всихання інших порід не таке суттєве.

Назви типів лісу, наведені у лісовпорядкувальних матеріалах, в окремих випадках нами уточнені згідно «Діагностичної характеристики типів лісу Українських Карпат» (Gerushinsky, 1996).

Макет прогнозу (електронну таблицю) всихання ялини розроблено у середовищі MS Excel. Для розрахунку використано розподіл площі ялиників та запасу деревини ялини за критеріями прогнозування (типи лісу, групи віку, групи повноти, частка ялини в породному складі) з реляційної бази даних

лісовпорядкування станом на 2019 р. для лісового фонду підприємств Державного агентства лісових ресурсів України (ДАЛРУ) в регіоні Українських Карпат. За подібністю інтенсивності всихання ялинові деревостани були згруповані в три групи повноти (менше 0,40; 0,41-0,80; 0,81 і вище) і прогноз зроблено для кожної групи окремо. Приклад розрахунку змін запасу ялиників з відотною повнотою 0,41-0,80 в умовах вологої буково-ялицевої сушмеречини для всіх підприємств ДАЛРУ в регіоні за період 2019-2021 рр. наведено в табл. 1. Такий підхід дав змогу встановити, що за використання зазначених критеріїв прогнозування запас ялинової деревини в цьому типі лісу зменшився з 43,5 до 37,5 млн м³, а площа – з 116,9 до 114,1 тис. га. Подібні таблиці, однак на значно більший віковий період (2019-2040 рр.), з прогнозами окремо для площі ялиників і окремо – для запасу ялинової деревини розроблені для всіх типів лісу регіону, де ростуть ялиники, і окремо для кожної з трьох груп повнот – всього опрацьовано більше 300 таких таблиць.

Таблиця 1

Прогноз запасів ялинової деревини у вологій буково-ялицевій сушмеречині на період 2019-2021 рр., тис. м³

Частка ялини	Молодняки 1 класу віку	Молодняки 2 класу віку	Середньо-вікові	Пристигаючі	Стигли	Перестійні
1	2	3	4	5	6	7
2019 рік						
10	19,43	566,29	12446,50	3267,80	2444,57	148,64
9	17,90	308,48	3852,77	1059,44	835,36	53,29
8	36,21	399,39	3932,27	1251,83	1105,74	129,81
7	61,31	300,23	2468,77	804,86	753,18	81,65
6	78,64	259,06	1672,60	719,30	618,24	98,13
5	49,89	150,56	1044,39	430,21	418,34	90,63
4	23,14	81,59	486,75	367,59	231,08	73,59
3	6,70	7,51	87,39	55,13	61,19	23,47
2	2,16	0	2,66	0	1,24	0
1	0	0	0	0	0	0
+	0	0	0	0	0	0
2020 рік						
10	18,225	528,547	11503,065	2990,782	2215,826	133,448
9	16,953	290,716	3595,303	979,043	764,545	48,308
8	34,295	376,390	3669,490	1156,833	1012,004	117,674
7	58,636	285,715	2326,377	751,074	696,090	74,742
6	75,210	246,535	1576,128	671,232	571,378	89,828
5	48,187	144,699	993,896	405,435	390,458	83,784
4	22,350	78,414	463,217	346,422	215,679	68,031
3	6,503	7,254	83,579	52,214	57,396	21,805

Продовж. табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
2	2,097	0,000	2,544	0,000	1,163	0,000
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
+	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2021 рік						
10	17,095	493,320	10631,141	2737,247	2008,486	119,809
9	16,056	273,974	3355,042	904,747	699,733	43,792
8	32,480	354,715	3424,272	1069,045	926,214	106,673
7	56,079	271,901	2192,197	700,882	643,326	68,419
6	71,930	234,616	1485,221	626,376	528,068	82,229
5	46,541	139,067	945,843	382,088	364,435	77,455
4	21,587	75,362	440,821	326,472	201,304	62,892
3	6,313	7,006	79,934	49,452	53,837	20,258
2	2,035	0,000	2,433	0,000	1,091	0,000
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
+	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

У схемі розрахунку враховано також наступні положення: всихання ялини призводить до зменшення запасів її деревини, а, значить, і до зменшення її частки у породному складі; розрахункову лісосіку для головного користування прийнято «за стиглістю», тобто щорічно зрубується десята частина стиглих і перестійних ялиників; розрахункову лісосіку санітарних рубок прийнято «за станом», тобто щорічно зрубується сухостій ялиників; інші рубки здійснюють разом із санітарними в обсязі щорічного приросту; лісовідновлення збільшує площу ялиників після переведення зрубів у вкриті лісовою рослинністю ділянки (під час повторного лісовпорядкування).

Результати та обговорення. Достовірні результати інтенсивності всихання ялиників за типами лісу були визначені тільки для трьох типів лісу: вологої чистої сушмеречини – середня інтенсивність всихання склала 3% за рік; вологої буково-ялицевої сушмеречини – всихання 1% за рік; вологої смереково-букової суяличини – всихання 2% за рік. Відмітимо, що саме в цих типах лісу площа ялиників у регіоні Українських Карпат найбільша. Встановлена на дослідних об'єктах частка всихання ялинових лісостанів характеризує середні значення всихання, а, саме, в середньовікових і середньоповнотних лісах з часткою ялини в породному складі на рівні 6-7 одиниць. На постійних дослідних об'єктах встановлено наступні тенденції всихання ялини: за групами віку інтенсивність всихання ялиників зменшується у випадку зменшення їхнього віку і, відповідно, збільшується – у випадку збільшення віку; за часткою ялини у складі деревостану тенденція всихання ялиників

подібна до такої за віком – інтенсивність всихання ялиників зменшується за зменшення частки ялини від 6-7 до 1-2 одиниць і відповідно збільшується – за збільшенні її частки до 9-10 одиниць; за повнотою деревостанів інтенсивність всихання збільшується за зменшення повноти від 0,6-0,7 до 0,1-0,2 і зменшується за збільшення повноти до 1,0; однак, за подальшого збільшення повноти інтенсивність всихання перегущених (повнота більше 1,0) ялиників знову починає зростати. Отримані результати дали можливість встановити інтенсивність всихання ялинових деревостанів за типами лісу (Shparyk, 2019b).

Оскільки найбільші площі ялиників зосереджені саме у смерекових типах лісу регіону, то аналіз результатів прогнозу щодо всихання смереки розпочнемо з них. Динаміка площі ялиників у смерекових типах лісу має певні відмінності (рис. 1). Якщо в умовах вологого кедрово-смерекового бору площа ялиників зменшилася на 66%, то для вологого смерекового субору це зменшення склало 35, для вологої чистої сушмеречини – 18, а для вологої буково-ялицевої смеречини – лише 3%. Такі значні відмінності в інтенсивності всихання ялиників (від 3 до 66%) значною мірою пояснюються їхнім розподілом за критеріями прогнозування, тому що навіть у близьких за лісорослинними умовами типах лісу інтенсивність всихання ялини дуже різниться: від 49% в умовах вологого кедрово-смерекового бору, 35% – для вологого смерекового субору, 18% – в умовах вологої чистої сушмеречини до 10% – для вологої буково-ялицевої сушмеречини (за даними лісовпорядкування площа лісів в останньому типі лісу перевищує 20 тис. га). Відзначимо,

що прогноз дає навіть незначне збільшення площ ялиників в 2030 і 2040 роках (проте не для всіх типів лісу), що пояснюється переведенням не вкритих у вкриті лісовою рослинністю ділянки під час лісовпорядкування (на місці ялиників, які всохли, знову формуються ялинові молодняки).

Рис. 1. Динаміка площі (га) ялиників у смерекових типах лісу (цифрами вказано прогнозовану динаміку площі ялиників в умовах A_3 -кСм)

Динаміка запасу деревини ялиників у смерекових типах лісу теж відрізняється, однак швидкість зменшення запасів значно вища в межах окремого типу лісу, ніж зменшення площі ялиників для цих же типів лісу (рис. 2). Так, в умовах вологого кедрово-смерекового бору запас деревини ялиників зменшиться прогнозовано на 95% (площа – лише на 66%). Для вологого смерекового субору це зменшення складе 89, для вологої чистої сушмеречини – 88, а для вологої буково-ялицевої смеречини – 48%. Таким чином, втрати ялинової деревини в смерекових типах лісу Українських Карпат у найближчі 20 років прогнозуються в межах 48-95% від існуючого запасу, за середнього значення 81%.

Рис. 2. Динаміка запасу деревини (тис. м³) ялиників у смерекових типах лісу

Площа ялиників у букових типах лісу, порівняно зі смерековими, змінюється не так різко (рис. 3). Про це свідчить менший розмах значень інтенсивності всихання ялиників – від мінімуму (55%) в умовах вологої чистої бучини до максимуму (73%) – в умовах вологої яворової субучини (на жаль, значна кількість букових типів лісу

не дає змоги представити всіх їх на графіку). Для найпоширеніших букових типів лісу цей діапазон ще менший: в умовах вологої чистої субучини площа ялиників зменшилася на 65%; для вологої смереково-ялицевої субучини це зменшення склало теж 65%; для вологої чистої бучини – 73; для вологої смереково-ялицевої бучини – 62%.

Запас деревини ялиників у букових типах лісу, порівняно зі смерековими, змінюється досить плавно, а швидкість зменшення запасів значно вища, ніж зменшення площі ялиників у конкретному типі лісу (рис. 4).

Рис. 3. Динаміка площі (га) ялиників у букових типах лісу

Рис. 4. Динаміка запасу деревини (тис. м³) ялиників у букових типах лісу

Так, в умовах вологої чистої субучини запас стовбурової деревини ялиників прогнозовано зменшиться на 94% (площа – на 65%), для вологої смереково-ялицевої субучини це зменшення склало 92, для вологої чистої бучини – 89, а для вологої смереково-ялицевої бучини – 77%. Тобто, втрати ялинової деревини в букових типах лісу Українських Карпат у найближчі 20 років прогнозуються в межах 77-97% від існуючого запасу за середнього значення в 92%, що на 10% більше, ніж у смерекових типах лісу.

Динаміка площі ялиників в ялицевих типах лісу значною мірою подібна до такої у букових типах (рис. 5). Такий самий незначний розмах зна-

чень інтенсивності всихання ялиників – від 55% в умовах вологої ялицевої судіброви (за реляційною базою даних лісовпорядкування станом на 1.01.2019 р. площа лісів в цьому типі лісу перевищує 1 тис. га) до 59% в умовах вологої смереково-букової суяличини значною мірою пояснюється подібними їх лісорослинними умовами та подібністю критеріїв прогнозування. Для найпоширеніших ялицевих типів лісу коливання за інтенсивністю всихання ялини склали: в умовах вологої ялицевої судіброви площа ялиників зменшилася на 55%; у вологій смереково-буковій суяличині – на 59%; у вологій смереково-буковій яличині – на 56%.

Рис. 5. Динаміка площі (га) ялиників в ялицевих типах лісу

Запас деревини ялиників в ялицевих типах лісу, порівняно зі смерековими типами лісу, змінюється плавно, однак швидкість зменшення запасів значно вища, ніж зменшення площі ялиників, в межах одного і того самого типу лісу (рис. 6). Так, в умовах вологої смереково-букової суяличини запас деревини ялиників зменшився на 81% (площа – на 55%), для вологої ялицевої судіброви це зменшення складало 89, а для вологої смереково-букової яличини – 71%. Тобто, втрати ялинової деревини в ялицевих типах лісу Українських Карпат у найближчі 20 років прогножуються в межах 71-89% від існуючого запасу за середнього значення в 80%, що навіть менше, порівняно зі смерековими типами лісу (рис. 7).

Сумарно за всіма типами лісу Українських Карпат прогноз вказує на зменшення площі ялиників внаслідок їхнього всихання на 96,7 тис. га (на 23%) вже в найближчі 20 років, тобто площа ялиників на підприємствах Державного агентства лісових ресурсів України в регіоні складе 328,9 тис. га в 2040 році.

Запас ялинової деревини теж має стійку тенденцію до зменшення, яке до 2040 р. складе 113,5 млн м³ або 78% (рис. 8). При цьому, інтенсивність зменшення запасу деревини ялини значно вища за відповідне зменшення площі ялиників (78 проти 23%), що пояснюється масовим всиханням ялини в чистих деревостанах і перетворенням чистих ялиників на мішані деревостани природним шляхом (поява природного поновлення бука, ялиці, берези, в'яза на місці ялини, що всохла).

Рис. 6. Динаміка запасу деревини (тис. м³) ялиників в ялицевих типах лісу

Рис. 7. Фрагмент середньовікового похідного ялинового насадження в умовах СЗ-см-бкЯц Людвіківського л-ва ДП «Вигодське ЛГ»

Рис. 8. Прогнозована динаміка всихання ялиників в Українських Карпатах на підприємствах ДАЛРУ

Зрозуміло, що для окремо взятого підприємства лісового господарства Карпатського регіону прогноз всихання ялини матиме свої конкретні значення як за площею, так і за запасом, тому що критерії прогнозування лісового фонду ялиників (типи лісу, групи віку, повнота деревостанів, частка ялини у породному складі) в межах кожного підприємства індивідуальні. Зокрема, цей метод апробовано для прогнозу площі і запасу ялиників для ДП «Надвірнянське лісове господарство» в умовах найбільш поширеного типу лісу – вологої буково-ялицевої сусмеречини. Отримані результати також підтверджують різке зменшення запасів ялиників унаслідок всихання – впродовж 20 років прогнозується зменшення запасів ялинової деревини з 2,29 млн м³ до 390 тис. м³ або на 83 % (в середньому для цього типу лісу в регіоні прогнозується зменшення запасу стовбурової деревини на 77 %). Площа ялиників при цьому зменшиться не так сильно – з 6,5 до 5,3 тис. га або на 19 % (в середньому для регіону – на 9 %).

Висновки. Ідентифіковані на постійних дослідних об'єктах УкрНДІгірліс зміни в структурі та породному складі всихаючих ялиників Українських Карпат впродовж 2010-2018 рр. дали можливість оцінити інтенсивність їх всихання, зокрема – відносну частку зменшення запасу стовбурової деревини живих дерев смереки за типами лісу. Так, для вологої чистої сусмеречини середня інтенсивність всихання склала 3 % в рік, для вологої буково-ялицевої сусмеречини – 1 %, а для вологої смереково-букової суяличини – 2 % за рік. Також встановлено закономірності всихання *Picea abies* за типами лісу: за збільшення вологості повітря і ґрунту інтенсивність всихання ялини зменшується, а за зменшення вологості – збільшується; за збільшення родючості інтенсивність всихання ялини зменшується, а за зменшення родючості – збільшується. В мішаних деревостанах букових, ялицевих та смерекових типів лісу інтенсивність всихання ялини менша, ніж у чистих. У букових та ялицевих типах лісу інтенсивність всихання ялини більша, ніж у смерекових, а в типах лісу поза межами природного ареалу ялини інтенсивність всихання ще вища.

Оскільки катастрофічне всихання ялиників Карпатського регіону вже у найближчі десятиріччя призведе до дефіциту ялинової деревини, то прогнозування площі ялиників і запасів ялинової деревини є однією із найактуальніших наукових проблем для підприємств лісового господарства Українських Карпат. Здійснені дослідження дали змогу ідентифікувати основні складові ялинових лісів (критерії прогнозування), які найбільшою мірою впливають на результати прогнозу щодо всихання ялиників: тип лісу (визначає інтенсивність всихання ялини, оскільки представляє конкретний тип лісорослинних умов, а також відображає зміни в ньому по гіротопу і трофотопу); група віку насаджень (визначає життєздатність ялиників, яка зменшується з віком); повнота деревостану (визначає мікроклімат в лісі, який стає сухішим у випадку

розрідження деревостану – зменшенні повноти); частка ялини у породному складі (впливає на інтенсивність всихання ялиників, оскільки всихання інших деревних порід є помітно слабшим).

Відповідно до визначеної на постійних дослідних об'єктах інтенсивності всихання ялини, розроблено макет прогнозування, який базується на розподілі площ і запасів ялини за критеріями прогнозування з використанням відповідних даних лісовпорядкування. Результати прогнозу свідчать, що втрати ялинової деревини в смерекових типах лісу Українських Карпат у найближчі 20 років будуть коливатися в межах 48-95 % залежно від лісорослинних умов, віку, повноти і частки ялини в породному складі деревостанів; середні втрати складуть близько 80 %. Значний розмах коливань пояснюється високою мінливістю лісорослинних умов у смерекових типах лісу – від A_3 -кСм до C_4 -бк-яцСм. Для букових типів лісу ці коливання щодо втрати деревини складуть 77-97 % (середні втрати – 92 %), а для ялицевих – відповідно, 71-89 та 80 %. Інтенсивність всихання ялини у смерекових та ялицевих типах лісу відносно подібна і є меншою, ніж для букових типів лісу.

Середні втрати площі ялиників значно менші, ніж втрати у запасі деревини: в смерекових типах лісу – 28, в букових – 63, в ялицевих – 53 % до 2040 року. Відзначимо, що інтенсивність втрати площі ялиників близька для букових і ялицевих типів лісу, тоді як для смерекових вона значно менша. Тобто, під час всихання похідних ялиників має місце зміна головної породи, а при всиханні корінної породи площа ялиників не зменшується.

У підсумку зазначимо, що всихання ялиників Українських Карпат в наступні 20 років буде суттєвим для всіх державних підприємств лісового господарства і наслідком цього стане зменшення площі ялиників з 425,6 до 328,9 тис. га, а запасу ялинової деревини – з 145,6 до 32,1 млн м³. Втрати окремих підприємств залежать від переважаючих у держлісфонді типів лісу, груп віку ялиників, повноти і частки ялини в породному складі смерекових лісів.

References

- Bergha, J., McMurtrieb, R.E., & Linder, S. (1998). Climatic factors controlling the productivity of Norway spruce: A model-based analysis. *Forest Ecology and Management*, 110 (1-3), 127-139. Available at: https://www.academia.edu/20503188/Climatic_factors_controlling_the_productivity_of_Norway_spruce_A_model-based_analysis
- Bigun, N.Y. (1990). *Spruce forests of the beech zone in the Carpathians*. Uzhgorod: Karpaty (in Russian).
- Bokoch, V.V., Lakyda P.I., Vasylyshyn, A.I., Terentjev, A.Y. (2012). Modeling of the phytomass components indicators for forest stands of the Carpathian NPP. *Scientific bulletin of the National*

- Agrological University: Forestry*, 171.2, 18-25 (in Ukrainian).
- Debryniuk, Iu. M. (2011). Dieback of the spruce forests: causes and consequences. *Scientific bulletin of the Ukrainian State Forestry University*, 21.16, 32-38. http://nltu.edu.ua/nv/Archive/2011/21_16/index21_16.htm (in Ukrainian).
- Debryniuk, Iu. M. (2014). Formative variety and Life condition *Picea abies* [L.] Karst. in the Western Forest-steppe of Ukraine. *Journal of Agrobiological and Ecology*, 4 (1), 97-102 (in Ukrainian).
- Dunn, A.L., Barford, C.C., Wofsy, S.C., Goulden, M.L., & Daube, B.C. (2006). A long-term record of carbon exchange in a boreal black spruce forest: means, responses to interannual variability, and decadal trends. *Global Change Biology*. Retrieved from <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2486.2006.01221.x/full>
- FAO (2016). *Global forest resources assessment 2015. How are the world's forests changing? Second edition*. Rome, FAO. Available at: <http://www.fao.org/3/a-i4793e.pdf>.
- Feltona, A., Lindbladh, M., Bruneta, J., & Fritz, Ö. (2010). Replacing coniferous monocultures with mixed-species production stands: An assessment of the potential benefits for forest biodiversity in northern Europe. *Forest Ecology and Management*, 260 (6), 939-947. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.06.011>
- Fenton, N.J., Simard, M., & Bergeron, Y. (2009). Emulating natural disturbances: the role of Silviculture in creating even-aged and complex structures in the black spruce boreal forest of eastern North America. *Journal of Forest Research*, 14, 5, 258-267. <https://doi.org/10.1007/s10310-009-0134-8>
- Gerushinsky, Z. Yu. (1996). *Typology of Ukrainian Carpathian forests*. Lviv: Pyramid
- Golubets, M.A. (1978). *Spruce forests of the Ukrainian Carpathians*. Kyiv: Naukova dumka (in Russian).
- Janda, P., Svoboda, M., Bače, R., Čada, V., Lynn, J., & Peck, E. (2014). Three hundred years of spatio-temporal development in a primary mountain Norway spruce stand in the Bohemian Forest, central Europe. *Forest Ecology and Management*, 330 (15), 304-311. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.06.041>
- Kansanen, K., Vauhkonen J., Lähivaara T., & Mehtätalo L. (2016). Stand density estimators based on individual tree detection and stochastic geometry. *Canadian Journal of Forest Research*, 46 (11), 1359-1366. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2016-0181>.
- Kirschbaum, M.U.F. (2004). Direct and indirect climate change effects on photosynthesis and transpiration. *Plant Biology*, 6 (3), 242-253. <https://doi.org/10.1055/s-2004-820883>
- Kramarets, V.O., Matsyak I.P. (2018). The role of biotic factors in the spruce forests decline of the Ukrainian Carpathians. *Scientific works of the Ukrainian Forestry Academy of Sciences*, 17, 121-132. <https://doi.org/10.15421/411827> (in Ukrainian).
- Lakyda, P.I., & Blyshchuk, V.I. (2014). Forecast of carbon stock and oxygen production of alder forest in Ukrainian Polissya. *Bioresources and nature management*, 6, (1-2), 91-98 (in Ukrainian).
- Lavryk, V.I. (2010). *Modeling and forecasting of the environment*. Kyiv: Scientific thought (in Ukrainian).
- Mauer, O., & Palátová, E. (2010). Decline of Norway spruce in the Krkonoše Mts. *Journal of Forest Science*, 56 (8), 361-372. <https://doi.org/10.17221/95/2009-JFS>
- SAFRU (2019). Assortment structure of main use felling in 2020 for State Agency for Forestry Resources of Ukraine. Retrieved from https://drive.google.com/file/d/11YmR8HqJKPQYs_U6HVOX6jJNa-0VnHc/view
- Šebeň, V., Konôpka, B., Bošela, M., & Pajčík, J. (2015). Contrasting development of declining and living larch-spruce stands after a disturbance event: a case study from the High Tatra Mts. *Forestry Journal*, 61 (3), 157-166. <https://doi.org/10.1515/forj-2015-0024>
- Shparyk, Y.S. (2014). Form diversity and health conditions of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in the main forest types of the Ukrainian Carpathians. *Forestry & Forest Melioration*, 125, 87-96. http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&S21P03=FILA=&S21STR=lisam_2014_125_14 (in Ukrainian).
- Shparyk, Y.S. (2017). Economic results of spruce forests' decline in the Ukrainian Carpathians. *Proceedings of the Forestry Academy of Science of Ukraine*, 15, 129-139. <https://doi.org/10.15421/411717> (in Ukrainian).
- Shparyk, Y.S. (2019a). Ecologic results of spruce forests' decline in the main forest types of the Ukrainian Carpathians. *Proceedings of the Forestry Academy of Science of Ukraine*, 18, 145-153. <https://doi.org/10.15421/411915> (in Ukrainian).
- Shparyk, Y.S. (2019b). Empirical approaches to forecasting area and wood volume of spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) forests in the Ukrainian Carpathians. *Scientific bulletin of the UNFU*, 29.3, 18-22. <https://doi.org/10.15421/40290303> (in Ukrainian).
- Shparyk, Y.S., Parpan, T.V., Slobodyan, P.Y., Savchyn, T.I., & Bunij, V.Y. (2013). Spruce forest decline on the north-eastern megaslope of the Ukrainian Carpathians. *Scientific bulletin of the Ukrainian National Forestry University*, 23.5, 141-147. https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2013/23_5/141_Szp.pdf (in Ukrainian).
- Slobodyan, P. Ya. (2000). Areas of the spruce forest decline of Skole Beskids in different forest types. *Scientific bulletin of the Ukrainian State Forestry University*, 10.4, 182-184. https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2000/10_4/index.htm (in Ukrainian).

- Trybun, P.A. (1996). Bioecological basis of forest plantations cultivation with resistant to fungal diseases in the Ukrainian Carpathians. *Scientific bulletin: Forestry Research in Ukraine*, 5, 72-76 (in Ukrainian).
- UkrRIMF (2014). *Studying of Spruce forests decline reasons in the Carpathian region for the forestry instruction preparation on the management plane for these forests and on the forestry actions for their transformation on native stands*. Final report. Ivano-Frankivs'k, UkrRIMF (in Ukrainian).
- Vasechko, G.I. (1967) *Bark beetles and their control in the spruce forests of the Carpathians*. Doctoral dissertation, Ukrainian Agricultural Academy, Kyiv, Ukraine (in Russian).

Прогноз усыхания ельников в Украинских Карпатах по типам леса

Ю.С. Шпарык¹

Наиболее отрицательным последствием массового усыхания ельников Украинских Карпат является потеря большей части еловой древесины, которая практически безальтернативна для многих отраслей производства. Прогноз усыхания даст возможность предприятиям лесного хозяйства своевременно принять соответствующие меры. Исследования интенсивности усыхания ельников проведены в 2010-2019 гг. на 21-ом стационарном объекте в основных типах леса региона. Методика исследований предусматривала оценку запасов древесины *Picea abies* в разрезе категорий санитарного состояния деревьев этого древесного вида. Полученные результаты позволили идентифицировать зависимости интенсивности усыхания ельников от тех составляющих, которые собственно и являются определяющими для роста ели: тип леса, группа возраста, полнота, участие ели в породном составе. Для типов леса, в которых произрастают еловые древостои, установлены следующие закономерности: при увеличении влажности интенсивность усыхания ели уменьшается, а при её уменьшении – увеличивается; при увеличении плодородия почвы интенсивность усыхания ели уменьшается, а при его уменьшении – увеличивается; в смешанных насаждениях интенсивность усыхания *P. abies* меньше, чем в чистых (однопородных); в пихтовых и буковых типах леса интенсивность усыхания ели больше, чем в еловых. В типах леса за пределами

естественного ареала интенсивность усыхания ели наиболее высокая.

В соответствии с установленными интенсивностью и закономерностями усыхания *P. abies*, была разработана схема прогнозирования, которая базируется на распределении площади и запасов ели по критериям прогнозирования и рассчитана с использованием данных лесоустройства. По результатам прогноза, потери еловой древесины в еловых типах леса Украинских Карпат в ближайшие 20 лет будут колебаться в пределах 48-95 % в зависимости от лесорастительных условий, возраста насаждений, полноты и участия ели в породном составе древостоев; средние потери составят около 80 %. Значительный размах колебаний объясняется высокой изменчивостью лесорастительных условий в еловых типах леса региона – от влажного бора (A_3) до сырого гряда (D_4). Для буковых типов леса эти колебания составят в пределах 77-97 % при средних потерях в 92 %; для пихтовых типов леса, соответственно, 71-89 и 80 %. Лесоводственную достоверность полученных результатов подтверждает тот факт, что интенсивность усыхания ели в еловых и пихтовых типах леса довольно похожая и меньше, чем для буковых типов леса.

По сравнению с запасами древесины, средние потери площади ельников значительно меньше: в еловых типах леса не больше 28 % к 2040 году, в буковых – 63, в пихтовых – 53 %. Отметим, что интенсивность потери площади ельников довольно близка для буковых и пихтовых типов леса, тогда как для еловых она значительно меньше, поскольку при усыхании производных ельников имеет место замена главной породы, а при усыхании коренных насаждений такая замена не происходит.

Общий вывод заключается в том, что усыхание ельников Украинских Карпат в следующие 20 лет будет существенным вызовом для государственных предприятий лесного хозяйства и его следствием станет уменьшение площади ельников с 425,6 до 328,9 тыс. га, а запаса еловой древесины – с 145,6 до 32,1 млн м³. Конкретные потери отдельных предприятий будут зависеть от типов леса, возраста насаждений, полноты и участия ели в породном составе. Представленные расчеты подтверждают необходимость разработки региональных программ по восстановлению еловых лесов в Украинских Карпатах.

Ключевые слова: площадь ельников; запас еловой древесины; интенсивность усыхания; лесорастительные условия; группы возраста; полнота; состав пород; экстраполяция; государственные предприятия лесного хозяйства.

¹ Шпарык Юрий Степанович – член-корреспондент Лесной академии наук Украины, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник. Украинский научно-исследовательский институт горного лесоводства имени П.С. Пастернака, ул. Грушевского, 31, г. Ивано-Франковск, 76018, Украина. Тел.: 0342-53-02-36, +38-050-188-02-61. E-mail: yuriy.shparyk@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8047-6356>

Forecast of the Norway spruce forests' decline at the Ukrainian Carpathians according to forest types

Y. Shparyk¹

The most negative result of the mass decline of the spruce forests in the Ukrainian Carpathians is the loss of most of the spruce wood stock, which is practically uncontested for many industries. The decline forecast gives a chance for forestry enterprises to respond appropriately in good time. The studies of the decline intensity of the Norway spruce stands were in 2010-2019 at 21 stationary objects in the main forest types of the region. The research methodology provided for the assessment of spruce wood stock in the context of health conditions of this tree species. The results made it possible to identify the interrelations of the decline intensity of spruce forests according to the stand indicators that mainly determine its: forest type, age groups, basal area, and species composition. For example, the next interrelations have been established for forest types: with increasing of the forest types humidity, decline intensity of spruce forests decreases, and with humidity decreasing, intensity increases; with increasing of the forest types fertility, decline intensity of spruce forests decreases, and with fertility decreasing, intensity increases; in mixed forest types, decline intensity of spruce forests is less than in pure (one species) forest types; in non-spruce forest types, decline intensity of spruce forests is higher than in spruce ones; and in forest types outside the spruce areal it is even higher.

In accordance with the established intensity and trends of the spruce forests decline, a forecast scheme

was developed, which is based on the distribution of the area and wood stock of the Norway spruce according to the forecast's criteria and calculated according to forest inventory data. Results of the forecast indicate that the loss of spruce wood volume in the spruce forest types of the Ukrainian Carpathians in the next 20 years will fluctuate from 48 to 95 percent depending on site conditions, age, basal area, and proportion of spruce in the species composition of stands, and the average loss will be 80 %. A significant fluctuation of these percent is explained by the high variability of site conditions in the regional spruce forest types – from wet suboligotrophic to raw megatrophic. For Common beech forest types, these fluctuations will be from 77 to 97 percent and average losses – 92 %, and for Silver fir forest types – suitably 71-89 and 80 %. Decline intensity of spruce forests in the spruce and fir forest types is the same and less than for beech forest types, and that confirm forestry correctness of the prediction results. The average losses in the area of spruce forests are smaller than spruce wood volume: in spruce forest types – 28 percent to 2040, in beech – 63, in fir – 53 %. Note, that the loss of spruce forests area is closer for beech and fir forest types than for spruce ones, where for it is much less. It is because when the secondary spruce stands decline – the main species changes (for example, from Norway spruce on Common beech), but when the native spruce stands decline – it is not.

The spruce forests' decline in the Ukrainian Carpathians in the next 20 years will be significant for state forestry enterprises and its result will be decreasing in the area of spruce forests from 425.6 to 328.9 thousand hectares, and of the spruce wood volume – from 145.6 to 32.1 million m³. The individual enterprises' losses depend on the forest types, age, basal area and the spruce part in the species composition of their spruce forest. These predictions confirm a necessity to develop a regional program for the spruce forests restoration in the Ukrainian Carpathians.

Key words: spruce forest area; wood stock of spruce; decline intensity; site conditions; age groups; basal area; tree species composition; extrapolation; state forestry enterprises.

¹ *Yuriy Shparyk* – Corresponding Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Agricultural Sciences, Chief Scientist of the Ukrainian Research Institute for Mountain Forestry after P. S. Pasternak, Grushevsky str., 31, Ivano-Frankivsk, 76018, Ukraine. Tel.: 0342-53-02-36, + 38-050-188-02-61. E-mail: yuriy.shparyk@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8047-6356>