

УДК 630.174.755 : 630.662

Ю. С. ШПАРИК*
ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ НАСЛІДКИ ВСИХАННЯ ЯЛИННИКІВ
УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ

Державний вищий навчальний заклад «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника»

Аналіз результатів стаціонарних досліджень 19 деревостанів основних типів лісу Українських Карпат дав змогу оцінити поточні та довготермінові еколого-економічні наслідки всихання ялинників. Дохід від заготівлі додаткового об'єму деревини внаслідок усихання ялини визначається інтенсивністю всихання та розподілом ялинників за класами віку й досягає максимуму в умовах вологого чистого суsumerічника (7,45 тис. грн · га⁻¹ в рік) із середнім значенням 5,35 тис. грн · га⁻¹ на рік. Вчасно не проведені санітарно-оздоровчі заходи зменшують цей дохід на 30–40 відсотків. Поточні збитки від зменшення радіального приросту стовбурів ялини і зменшення повноти ялинників за типами лісу оцінюють від 7,91 (С₃-См) до 16,24 (С₃-бкяцСм) тис. грн · га⁻¹ на рік із середнім значенням 12 тис. грн · га⁻¹ на рік. Довготермінові наслідки всихання є значно меншими від поточних з від'ємним балансом і середнім – 0,23 тис. грн · га⁻¹ на рік. Із їхнім урахуванням середні збитки від усихання ялини в основних типах лісу регіону можуть сягнути 7 тис. грн · га⁻¹ на рік. Екологічні наслідки – зміна головної породи на 200–300 тис. га лісів регіону.

Ключові слова: ялина європейська, Українські Карпати, всихання, тип лісу, поточні наслідки, доходи, довготермінові наслідки, збитки.

Вступ. За останнє десятиліття стан ялини європейської (*Picea abies* (L.) Karst.) в Українських Карпатах різко погіршився в більшості районів і типів лісу, а ялинники, які всихають, є стихійним лихом для регіону. За різними оцінками площа осередків усихання коливається від 20 до 50 тисяч гектарів, а запаси сухостою – від 3 до 12 млн м³. Масове всихання ялинників відбувається в різних країнах і типах лісу (лісорослинні умови), категоріях лісів (способи господарювання), типах деревостану (умови формування дерев) (Mehlhorn et al. 1988, Oren et al. 1989, Schulze 1989, Ardö 1998, Mauer & Palátová 2010, Sostoyanie lesov 2006, Shparyk et al. 2013). Результати досліджень свідчать про успішне природне відновлення під наметом більшості типів деревостанів, хоча воно і не завжди ялинове – переважно букове та ялицеве (Vyvchyty rynchyny vsykhannya 2014, Decline of spruce 2017). За відсутності природного відновлення підприємства лісового господарства успішно створюють лісові культури найчастіше з іншою головною породою. Це означає, що в лісівничому плані наслідком усихання ялинників регіону буде масова заміна головної породи з ялини на бук (рідше – на ялицю), але не втрата покритих лісом земель.

Набагато важливішими є економічні наслідки всихання ялинників. Методика економічного оцінювання лісів хоча і є достатньо масовою та детально опрацьованою (Kislova 1987, Pearse 1990, Ostroshenko 2011, Shershun & Pleskach 2015), але стосується переважно вартості деревини. У цій публікації під економічною оцінкою лісів розуміємо оцінку деревини у грошовому виразі як основного засобу виробництва лісового господарства. У зв'язку з тривалим періодом виробництва вона може бути поточною і капіталізованою. Поточна оцінка визначається порівнянням із середньою річною величиною економічного ефекту в грошовому виразі, який може бути одержаний за умови раціонального ведення лісового господарства. Капіталізована оцінка є підсумованою в часі (на період лісовирощування) величиною цього ефекту. Відповідно до цих напрацювань були класифіковані економічні наслідки всихання ялинників:

1) поточні: збільшення доходу за рахунок збільшення обсягів лісозаготівель (додаткових санітарних рубок); зменшення доходу внаслідок втрати вартості заготовленої деревини ялини у зв'язку з усиханням; зменшення доходу внаслідок втрати обсягів деревини (зниження повноти);

2) капіталізовані (довготермінові): зменшення доходу в результаті втрати вартості деревини внаслідок зміни породного складу з ялини на бук; зменшення доходу в результаті

* © Ю. С. Шпарик, 2017

втрали обсягів заготовленої деревини внаслідок зменшення її приросту та збільшення обороту рубки.

Метою досліджень було оцінити екологічні та лісівничі зміни внаслідок усихання ялинників і масштаб економічних наслідків усихання за основними типами лісу в регіоні.

Матеріали й методи. Розрахунок економічних наслідків усихання ялинників проведено за результатами комплексних досліджень на 19 постійних дослідних об'єктах (далі – ПДО), які було закладено в 2010 р. і повторно обстежено в 2013–2014 роках, в основних типах лісів регіону, де всихають ялинники. На кожному ПДО відібрано 12–24 висічки (всього – 342) для дендрохронологічного аналізу з живих дерев 1 ярусу. Підбір об'єктів проведено за пропозиціями місцевих практиків-лісівників як найбільш характерних для підприємств, назви яких позначені в номері ПДО. Тому визначені за методом перелікової таксації показники ялинників мають значні коливання за типами лісу, віком і часткою сухоюстю (табл. 1).

Таблиця 1

Основні характеристики ялинників, що всихають, за типами лісу

№ ПДО	Індекс типу лісу	Склад порід	Ярусів, шт.	Вік, років	Повнота	Бонітет	Запас, м ³ ·га ⁻¹	Запас сухоюстю, %
Ос-2	В ₃ -кСм	9Ял1Кє + Яц	3	121	0,50	II	528,3	30,1
Х-1	С ₃ -Бк	9Ял1Сз	1	53	0,40	Г ^В	272,8	0,0
Ве-2	С ₃ -См	10Ял	3	131	0,88	II	668,7	8,5
Гуц-1	С ₃ -См	10Ял	2	153	0,92	II	685,5	7,6
Ра-1	С ₃ -См	10Ял + Бк	3	202	0,47	II	454,0	23,8
А-І	С ₃ -См	10Ял + Г	3	220	0,94	II	700,3	1,9
Ос-1	С ₃ -бкСм	10Ял + К	3	131	0,65	III	380,2	4,1
Ви-2	С ₃ -бкяцСм	10Ял + Яв	2	78	0,79	I	760,3	6,9
Яс-1	С ₃ -бкяцСм	10Ял	2	101	0,98	I	861,5	10,7
Ви-1	С ₃ -бкяцСм	5Ял4Яц1Яв + Б	3	115	1,10	II	791,6	18,6
Ве-1	С ₃ -бкяцСм	6Ял2Яц2Бк + Яв	3	165	0,90	II	778,6	37,1
СтС-1	С ₃ -бкЯц	6Ял2Яц1Бк1Сз + Яв, Яс, Гор	3	73	1,02	II	533,0	6,7
Ту-1	С ₃ -бксмЯц	10Ял	2	43	0,44	I	166,1	2,0
Бе-1	С ₃ -бксмЯц	10Ял	3	51	0,74	Г ^А	469,5	1,4
Пу-1	С ₃ -бксмЯц	10Ял + Бк, Яц	3	83	0,69	I	597,8	2,1
Во-1	Д ₃ -яцБк	9Ял1Яц+Яв, Іл, Бк	2	67	0,85	Г ^В	763,0	11,1
Бо-2	Д ₃ -бкяцСм	5Ял5Яц + Ос	1	28	1,18	II	187,7	2,2
Ст-1	Д ₃ -бксмЯц	10Ял+Бк, Яц, Б, Г, Дз, Лп, Яв	3	46	0,84	I	394,9	16,6
Вб-1	Д ₃ -бксмЯц	9Ял1Яц + Яв, Бк	3	55	0,69	Г ^А	510,0	14,6
Сл-1	Д ₃ -бксмЯц	10Ял + Бк, Яв	3	61	0,90	I	530,4	4,7
Ск-1	Д ₃ -бксмЯц	9Ял1Бк	3	114	0,95	I	726,0	11,6

У породному складі всіх ПДО домінує ялина, хоча на п'ятій частині об'єктів частка ялини становить 5–6 одиниць. Вік деревостанів становить від 28 до 220 років, але переважно це – пристигаючі, стиглі та перестійні ліси. Структура переважно складна (2–3 яруси) – лише на двох ПДО наявний лише 1 ярус. Повнота становить від 0,40 до 1,18, але лише на 4 ПДО вона менша від 0,6, тобто переважають високоповнотні деревостани. Клас бонітету також значно змінюється (від III до Г^В) залежно від типу лісу, третій бонітет відзначено в поодиноких випадках. Мінливість запасів деревини також є дуже великою (від 166 до 861 м³·га⁻¹), що зумовлено варіаціями віку, повноти та бонітету. Частка сухоюстю є доволі мінливою (від 0,0 до 37,1 %), але на більшості ПДО не перевищує 10 %. Значною мірою це пояснюється своєчасним проведенням санітарно-оздоровчих заходів.

Аналіз економічних наслідків усихання ялинників Українських Карпат проведено на прикладі трьох основних (найбільших за площею) типів лісу, де ростуть ялинники: вологого чистого суsumerічника, вологого буково-ялицевого суsumerічника, вологого буково-смерекового суяличника. Їхня сумарна частка за площею ялинників перевищує 60 відсотків. У

кожному з цих типів лісу закладено 3–4 ПДО у насадженнях різного віку. Ціни на сортименти взято із сайту Прикарпатської універсальної товарної біржі за IV квартал 2016 р.

Результати та обговорення. Частку деревини, яка всихала на ПДО залежно від типу лісу, розраховано за динамікою частки всихання ялиників за останні роки. Для цього було проведено повторні обстеження найбільш характерних для базових типів лісу ПДО (табл. 2). Отримані результати свідчать, що в умовах вологого чистого суsumerічника (ПДО Ве-2) за останні роки частка сухою достовірно збільшується, що призвело до зменшення повноти деревостану та, відповідно, запасу деревини. Середня річна частка всихання ялиників вологого чистого суsumerічника за період спостережень становив близько 3 %. В умовах вологого буково-ялицевого суsumerічника за останні роки частка сухою достовірно залежить від віку та стадії всихання насаджень: у віці до 100 років (ПДО Сл-1) вона зростає найбільш інтенсивно – від 2,9 до 14,7 %, або у понад 5 разів; після 100 років (ПДО Яс-1, Ви-1) частка сухою продовжує зростати, але не так інтенсивно; після 150 років (ПДО Ве-1) частка сухою зменшується, тому що деревостан минув пік усихання. Середня річна частка всихання ялиників вологого буково-ялицевого суsumerічника за період спостережень становила близько 1 %, що пов'язане як із молодшим віком ялини, так і з глибшими ґрунтами, які краще утримують вологу.

Таблиця 2

Зміни таксаційних показників ялиників, що всихають, за основними типами лісу

№ ПДО	Рік	Індекс типу лісу	Склад порід	Ярусів, шт.	Вік, років	Повнота	Бонітет	Запас, м ³ ·га ⁻¹	Сухостій, %
Ве-2	2010	С ₃ -См	10Ял	3	131	0,88	II	668,7	8,5
Ве-2	2014	С ₃ -См	10Ял	3	135	0,82	II	632,1	19,3
Сл-1	2010	С ₃ -бкяцСм	10Ял + Бк, Яв	3	68	0,90	I	855,3	2,9
Сл-1	2014	С ₃ -бкяцСм	10Ял + Бк, Яц	2	72	0,88	I	872,4	14,7
Яс-1	2012	С ₃ -бкяцСм	10Ял	2	101	0,98	I	861,5	10,7
Яс-1	2016	С ₃ -бкяцСм	10Ял + Бк, Яц	2	105	0,87	I	789,2	14,4
Ви-1	2010	С ₃ -бкяцСм	5Ял4Яц1Яв + Бк	3	115	1,10	II	791,6	10,6
Ви-1	2014	С ₃ -бкяцСм	4Ял4Яц1Яв1Бк	3	119	0,83	II	583,4	17,1
Ве-1	2010	С ₃ -бкяцСм	6Ял2Яц2Бк + Яв	3	165	0,90	II	778,6	37,1
Ве-1	2014	С ₃ -бкяцСм	4Ял3Яц3Бк + Яв	3	169	0,75	II	692,3	24,3
Бе-1	2011	С ₃ -бксмЯц	10Ял	3	51	0,74	I ^a	469,5	0,0
Бе-1	2013	С ₃ -бксмЯц	10Ял + Яц	2	53	0,71	I ^a	473,0	5,0
Пу-1	2011	С ₃ -бксмЯц	10Ял + Бк, Яц	3	83	0,69	I	597,8	2,1
Пу-1	2015	С ₃ -бксмЯц	10Ял + Бк, Яц	3	87	0,62	I	586,3	9,7

В умовах вологого буково-смерекового суяличника за останні роки частка сухою ялини достовірно зростає у віці до 100 років (ПДО Бе-1, Пу-1) також приблизно в 5 разів, тому що ці деревостани перебувають на піку всихання. Середня річна частка всихання ялиників вологого буково-смерекового суяличника за період спостережень становить близько 2 % через причини, викладені в попередньому абзаці.

Додаткові об'єми заготовленої деревини внаслідок усихання ялини обчислено з урахуванням таксаційних показників за типами лісу, які було взято з бази даних лісовпорядкування та з результатів власних досліджень (Vuvchytu prychny v suchannya 2014). Таким чином, в умовах вологого чистого суsumerічника Українських Карпат на площі 84,2 тис. га додатковий об'єм заготовленої деревини становить приблизно 750 тис. м³ на рік з 62 відсотками ділової деревини. В умовах вологого буково-ялицевого суsumerічника на площі 191,6 тис. га відповідно – 650 тис. м³ за рік з 73 відсотками ділової деревини, а в умовах вологого буково-смерекового суяличника на площі 45,2 тис. га – приблизно 290 тис. м³ на рік з 86 відсотками ділової деревини (табл. 3).

Потенційне збільшення доходу від збільшення обсягів лісозаготівель за рахунок додаткових санітарних рубань розраховано з урахуванням сортиментної (за даними сортиментних таблиць (Shvidenko et al. 1987) і товарної структури ялиників цього віку і за

цінами Прикарпатської універсальної товарної біржі. Ціни на основні сортименти такі: пиловник – 998,50, баланси – 707,22, техсировина – 564,26, дрова паливні – 478,72 гривень за 1 м³. Результати розрахунків свідчать, що найбільший дохід можуть отримати підприємства лісового господарства в умовах вологого чистого сусмерічника – 627 мільйонів гривень на рік, що зумовлено максимальним серед інших типів лісу додатковим обсягом заготовленої деревини. Майже такий самий дохід буде одержано в умовах вологого буково-ялицевого сусмерічника – майже 567 мільйонів гривень на рік і вже значно менший – в умовах вологого буково-смерекового суяличника – близько 255 мільйонів гривень на рік.

Таблиця 3

Зміни товарної структури ялиників, що всихають, за типами лісу

Тип лісу (індекс)	Сумарний запас деревини, млн м ³	Інтенсивність усихання, % на рік	Додатковий об'єм заготовленої деревини, тис. м ³ на рік	Товарна структура ялиників, %		
				Ділова	Півділова	Дрова
C ₃ -См	25,1	3	753,3	62,1	32,6	5,3
C ₃ -бкяцСм	65,5	1	655,2	73,5	20,4	6,0
C ₃ -бксмЯц	14,5	2	289,7	85,7	12,7	1,6

Аналіз свідчить, що сортиментна й товарна структура ялиників впливає на розмір доходу незначною мірою через вирівнюваність цін на різні види сортиментів (табл. 4).

Таблиця 4

Вартість додаткових об'ємів заготовленої деревини за типами лісу

Тип лісу (індекс)	Додатковий об'єм за видами сортиментів								Вартість, млн грн
	%				тис.м ³				
	Пиловник	Баланси	Техсировина	Дрова паливні	Пиловник	Баланси	Техсировина	Дрова паливні	
C ₃ -См	54,0	29,0	8,0	9,0	406,78	218,46	60,26	67,80	627,13
C ₃ -бкяцСм	64,0	21,0	6,0	9,0	419,33	137,59	39,31	58,97	566,42
C ₃ -бксмЯц	70,0	15,0	6,0	9,0	202,79	43,46	17,38	26,07	255,51

Зменшення доходу внаслідок втрати вартості заготовленої деревини ялини розраховано через зміну сортиментної структури ялиників у результаті всихання з урахуванням стадій розкладання деревини. Зрозуміло, що додаткові обсяги деревини ялиників, що всихають (див. табл. 3) за умови непроведення санітарно-оздоровчих заходів щорічно втрачають якість у зв'язку з процесами гниття та заселенням комахами. Для оцінювання цього явища взято до уваги динаміку часток сухостійної деревини різних стадій розкладання за типами лісу. Зокрема, втрати пиловнику у випадку непроведення санітарно-оздоровчих заходів упродовж 2–3 років сягають 90 відсотків унаслідок всихання дерев, частка деревини свіжого сухостою переходить до балансів, сухостою слабого розкладання – до техсировини, а сильного – до дров. Частка гнилого сухостою повністю випадає з розрахунку, тому що ця деревина перетворюється на «неліквід». Результати перерахунку сортиментної структури ялиників після всихання (табл. 5) свідчать про значні втрати товарності внаслідок цього процесу.

Таблиця 5

Зміни товарної структури ялиників, що всихають, за типами лісу

Тип лісу (індекс)	Розподіл сухостою за стадіями розкладання, %				Частка сортиментів з урахуванням стадій розкладання, %				Вартість, млн грн
	Свіжий сухостій	Слабкий розклад	Сильне розкладання	Гнилий сухостій	Пиловник	Баланси	Техсировина	Дрова паливні	
C ₃ -См	28,6	41,7	22,3	7,4	5,4	6,2	49,7	31,3	397,77
C ₃ -бкяцСм	57,8	32,5	4,1	5,6	6,4	36,4	38,5	13,1	393,96
C ₃ -бксмЯц	47,2	50,4	2,4	–	7	25,2	56,4	11,4	179,88

Зіставлення даних табл. 4 та 5 свідчить, що в умовах вологого чистого суsumerічника втрати вартості заготовленої деревини становитимуть майже 230 мільйонів гривень на рік, або 37 %, що зумовлено процесами всихання та розкладання (гниття) деревини. В умовах вологого буково-ялицевого суsumerічника втрати становитимуть 172,46 млн грн (30 %) і в умовах вологого буково-смерекового суyяличника – близько 76 млн грн (30 %) на рік.

Зменшення доходу від втрати деревини ялини внаслідок усихання розраховано за зменшенням об'ємів приросту деревини та за зниженням повноти. Зменшення об'ємів приросту деревини оцінено порівнянням ходу росту ялини за діаметром у модальних деревостанах (за таблицями ходу росту (Tablytsi khodu rostu 1969) і в деревостанах на ПДО. В умовах вологого чистого суsumerічника радіальний приріст модального деревостану ялини II бонітету до 60 років максимальний в 2,4 рази перевищує відповідний приріст ялини на ПДО Ве-2-10. І лише після 60 років їхні значення вирівнюються (рис. 1).

Рівняння апроксимації значень радіального приросту ялини з віком відрізняються несуттєво, а значення, які розраховані за цими рівняннями, наведено у табл. 6:

- для модального деревостану ялини це – парабола четвертого порядку з вірогідністю апроксимації 0,96 (1):

$$y = -0,007x^4 + 0,1788x^3 - 1,6155x^2 + 5,6411x - 2,55, \quad (1)$$

- для деревостану ялини, що всихає, це – також парабола четвертого порядку з вірогідністю апроксимації 0,99 (2):

$$y = 0,0035x^4 - 0,0765x^3 + 0,4872x^2 - 0,7601x + 1,8333. \quad (2)$$

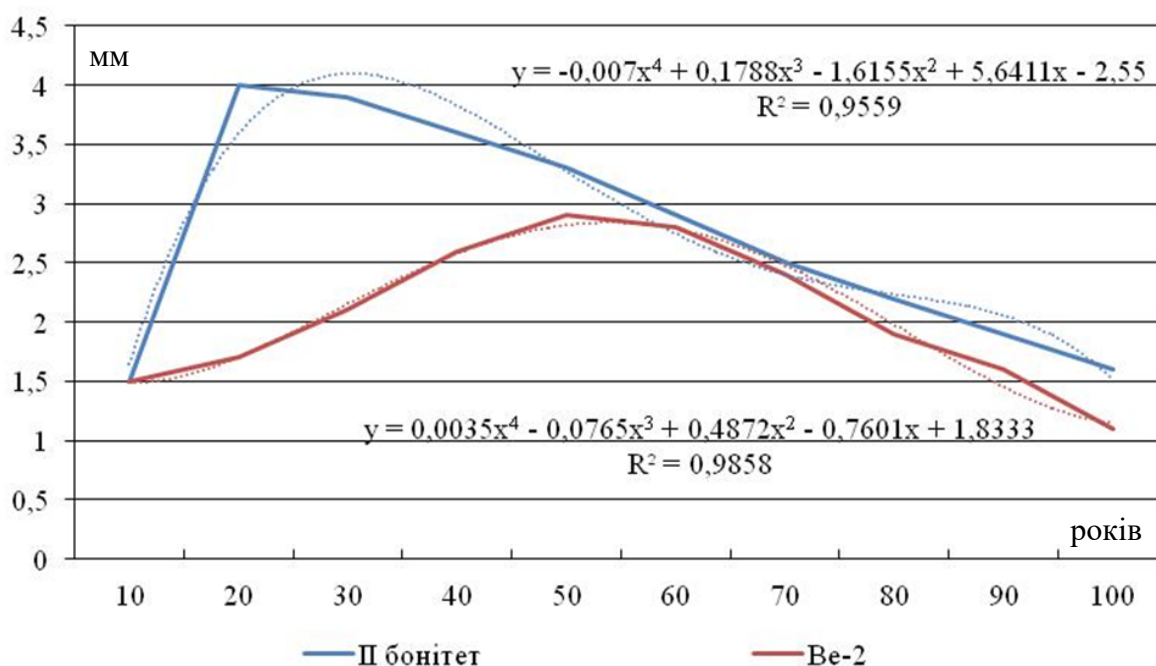


Рис. 1 – Вікова динаміка радіального приросту ялини в умовах вологого чистого суsumerічника у модальному деревостані II бонітету та на дослідному об'єкті (Ве-2)

Порівняння динаміки радіального приросту ялини модального деревостану та на ПДО Ве-2-10 в умовах вологого чистого суsumerічника методами регресійного аналізу свідчить про достовірне його зменшення – за останні 10 років у середньому на 10 відсотків. З урахуванням класичної формули визначення об'єму стовбура ($V = 3,14 \cdot r^2 \cdot h \cdot f$) залежність між радіусом та об'ємом стовбура ялини є прямолінійною з коефіцієнтом 1,9. Тобто у випадку зменшення радіального приросту стовбура ялини на 10 % його приріст за об'ємом зменшується на 19 %.

Такі розрахунки дали змогу встановити втрати об'ємів деревини ялини внаслідок усихання за типами лісу. Згідно з базою даних лісовпорядкування середній вік ялинників в умовах вологого чистого сусмерічника становить 78,4, тобто близько 80 років. У цьому віці середній приріст деревостанів ялини II класу бонітету становить $6,9 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ на рік, а значить, втрати приросту становитимуть: $6,9 \cdot 0,19 = 1,311 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ на рік. З урахуванням сумарної площі ялинників у цьому типі лісу (84,2 тис. га) втрати деревини сягатимуть: $84200 \cdot 1,311 = 110 \text{ тис. м}^3$ на рік.

Таблиця 6

Динаміка поточного радіального приросту (мм на рік) в модальних деревостанах ялини та в ялинниках, що всихають

Вік, років	В С ₃ -См (II бонітет)		В С ₃ -бкяцСм (I бонітет)		В С ₃ -бксмЯц (I ^a бонітет)	
	Модальний деревостан	Деревостан, що всихає	Модальний деревостан	Деревостан, що всихає	Модальний деревостан	Деревостан, що всихає
10	1,0	1,5	2,0	1,9	3,0	3,2
20	4,0	1,7	4,7	2,3	5,3	3,9
30	3,9	2,1	4,3	2,1	5,0	3,7
40	3,6	2,6	3,9	1,7	4,5	3
50	3,3	2,9	3,5	1,6	3,9	2,5
60	2,9	2,8	3,1	1,5	3,3	2,1
70	2,5	2,4	2,7	1,4	2,8	1,8
80	2,2	1,9	2,3	1,3	2,3	1,6
90	1,9	1,6	2,0	1,3	1,8	1,5
100	1,6	1,1	1,7	1,1	1,4	1,2

Втрати об'ємів деревини ялини внаслідок усихання та відповідного зменшення повноти ялинників також розраховано за результатами досліджень. За даними повторних обстежень, в умовах вологого чистого сусмерічника (4 ПДО) середньорічне зменшення відносної повноти становило 0,015. Враховуючи середній вік ялинників у цьому типі лісу (близько 80 років), запас модальних деревостанів у цьому віці за II класом бонітету ($550 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$) та площі ялинників у цьому типі лісу (84,2 тис. га), втрати деревини від зменшення повноти становили: $550 \cdot 0,015 \cdot 84200 = 695 \text{ тис. м}^3$ на рік. Відповідно до сортиментної структури та цін на окремі сортименти вартість сумарних втрат деревини ялини від зменшення радіального приросту та зниження повноти ($110 + 695 \approx 800 \text{ тис. м}^3$) розраховано за формою таблиці 7, вона становила 258,08 млн грн, або $3,1 \text{ тис. грн} \cdot \text{га}^{-1}$ на рік в умовах вологого чистого сусмерічника.

Таблиця 7

Вартість поточних втрат деревини ялинників, що всихають, за типами лісу

Тип лісу (індекс)	Сумарний об'єм втрат, тис. м ³ на рік	Об'єм втрат за видами сортиментів, тис. м ³ в рік				Вартість, млн грн на рік
		Пиловник	Баланси	Техсировина	Дрова паливні	
С ₃ -См	800	432,00	232,00	64,00	72,00	258,08
С ₃ -бкяцСм	3600	2304,00	756,00	216,00	324,00	2175,28
С ₃ -бксмЯц	570	399,00	85,50	34,20	51,30	207,93

В умовах вологого буково-ялицевого сусмерічника радіальний приріст модального деревостану ялини I бонітету до 80 років максимально в 2,5 разу перевершує відповідний приріст ялинника на ПДО Ви-1-10. Після 80 років їхні значення тісніше наближаються один до одного. Рівняння апроксимації значень радіального приросту ялини з віком відрізняються несуттєво, а конкретні їхні значення наведені в табл. 6:

– для модального деревостану ялини це – парабола четвертого порядку з вірогідністю апроксимації 0,94 (3):

$$y = -0,0079x^4 + 0,201x^3 - 1,7809x^2 + 6,0162x - 2,2333, \quad (3)$$

– для деревостану ялини, що всихає, це – також парабола четвертого порядку з вірогідністю апроксимації 0,97 (4):

$$y = -0,0026x^4 + 0,061x^3 - 0,4801x^2 + 1,3063x + 1,0583. \quad (4)$$

Порівняння динаміки радіального приросту ялини модального деревостану та на ПДО Ви-1-10 в умовах вологого буково-ялицевого суsumerічника методами регресійного аналізу засвідчило достовірне його зменшення – за останні 10 років у середньому на близько 5 %, а приросту за запасом – на 9,5 %. Згідно з базою даних, середній вік ялиників в умовах вологого чистого суsumerічника становить 56,8, тобто близько 60 років. У цьому віці середній приріст деревостанів ялини I класу бонітету становить $8,9 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ на рік, а втрати приросту: $8,9 \cdot 0,095 = 0,85 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ на рік. З урахуванням сумарної площі ялиників у цьому типі лісу (191,6 тис. га) втрати деревини сягатимуть: $191600 \cdot 0,85 \approx 160$ тис. м^3 на рік. За даними повторних обстежень в умовах вологого буково-ялицевого суsumerічника (4 ПДО), середньорічне зменшення відносної повноти становило 0,034. Враховуючи середній вік ялиників у цьому типі лісу, запас модальних деревостанів за I класом бонітету ($530 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$) та площі ялиників в цьому типі лісу (191,6 тис. га), втрати деревини від зниження повноти сягають: $530 \cdot 0,034 \cdot 191600 = 3,45$ млн м^3 на рік. Відповідно до сортиментної структури та цін на окремі сортименти вартість сумарних втрат деревини ялини від зменшення радіального приросту та від зниження повноти ($160 + 3450 \approx 3600$ тис. м^3) сягала 2 175,28 млн грн, або 11,3 тис. грн $\cdot \text{га}^{-1}$ на рік (див. табл. 7).

В умовах вологого буково-смерекового суяличника радіальний приріст модального деревостану ялини I^a бонітету до 90 років максимально в 1,4 разу перевершує відповідний приріст ялиника на ПДО Пу-1-110. Після 90 років їхні значення тісніше наближаються одне до одного. Рівняння апроксимації значень радіального приросту ялини з віком відрізняються несуттєво, а конкретні їхні значення наведено в табл. 6:

– для модального деревостану ялини це – парабола четвертого порядку з вірогідністю апроксимації 0,98 (5):

$$y = -0,0072x^4 + 0,1854x^3 - 1,6659x^2 + 5,5657x - 0,9333, \quad (5)$$

– для деревостану ялини, що всихає, це – також парабола четвертого порядку з вірогідністю апроксимації 0,996 (6):

$$y = -0,0047x^4 + 0,1168x^3 - 0,9744x^2 + 2,7844x + 1,3083. \quad (6)$$

Порівняння динаміки радіального приросту ялини модального деревостану та на ПДО Пу-1-11 в умовах вологого буково-смерекового суяличника методами регресійного аналізу свідчить про достовірне зменшення цього приросту – за останні 10 років у середньому на 8 %, а приросту за запасом – на 15,8 %. Згідно з базою даних середній вік ялиників в умовах вологого чистого суsumerічника становить 61,8, тобто близько 60 років. У цьому віці середній приріст деревостанів ялини I^a класу бонітету становить $11,4 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ на рік, а значить, втрати приросту становитимуть: $11,4 \cdot 0,158 = 1,805 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ на рік. З урахуванням сумарної площі ялиників у цьому типі лісу (45,2 тис. га) втрати деревини сягатимуть: $45200 \cdot 1,805 \approx 80$ тис. м^3 на рік. За даними повторних обстежень в умовах вологого буково-смерекового суяличника (3 ПДО), середньорічне зменшення відносної повноти становило 0,016. Враховуючи середній вік ялиників у цьому типі лісу, запас модальних деревостанів за I^a класом бонітету ($680 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$) та площі ялиників в цьому типі лісу (45,2 тис. га), втрати деревини від зниження повноти становили: $680 \cdot 0,016 \cdot 45200 = 491,7$ тис. м^3 на рік. Відповідно до сортиментної структури та цін на окремі сортименти вартість сумарних втрат

деревини ялини від зменшення радіального приросту та від зниження повноти ($80 + 492 \approx 570$ тис. м³) становила 207,93 млн грн, або 4,6 тис. грн·га⁻¹ на рік (див. табл. 7).

Довготермінові наслідки всихання ялинників розраховано на період 100 років, який охоплює обороти рубок ялинників (80 років) і букняків (100 років). Зменшення доходу від втрати вартості деревини внаслідок зміни породного складу з ялини на бук розраховували через зміну вартості сортиментів різних порід. В умовах вологого чистого сусмерічника на 4 ПДО змін породного складу не помічено, і тому розрахунок збитків проведено лише з урахуванням зменшення приросту. Відповідно до розрахунків, які наведено вище, погіршення лісорослинних умов пов'язане зі збільшенням сухості клімату, воно призвело до зменшення радіального приросту ялини в цьому типі лісу на 10 відсотків і відповідного зменшення приросту за запасом на 19 %. З урахуванням сортиментної структури ялинників різних класів віку втрати деревини становитимуть 69,54 м³·га⁻¹, або збитки – 45,88 тис. грн·га⁻¹ за 100 років. У табл. 8 наведено зразок розрахунку – у 80 років приріст відсутній, оскільки 70 років – вік рубки.

В умовах вологого буково-ялицевого сусмерічника зміни породного складу на дослідних об'єктах вже мали місце, і тому розрахунок проведено відповідно до них. Розрахунки свідчать, що погіршення лісорослинних умов у цьому типі лісу призвело до: зменшення радіального приросту ялини на 5 % відсотків і зменшення приросту за запасом на 9,5 %; зменшення частки ялини у складі на 2 % і відповідного збільшення частки бука в складі на 1,5 %, а ялиці – на 0,5 %. Під час розрахунку приросту об'ємів деревини бука та ялиці було враховано їхнє збільшення на 9,5 % як екологічно рівнозначну відповідь на всихання ялини. З урахуванням породного складу ялинників різних класів віку вартість деревини ялинників, що всихають, в довготерміновій перспективі становитиме 322,72 тис. грн·га⁻¹ за 100 років. Аналогічний розрахунок без урахування зміни породного складу виявив вартість деревини ялинників в сумі 337,00 тис. грн·га⁻¹. Це означає, що через зміну породного складу в умовах вологого буково-ялицевого сусмерічника втрати вартості деревини становитимуть 14,28 тис. грн·га⁻¹ на 100 років.

Таблиця 8

Вартість довготермінових втрат деревини ялинників, що всихають, в умовах вологого чистого сусмерічника від зменшення приросту

Вік, років	Приріст, м ³ ·га ⁻¹ ·рік ⁻¹	Втрати приросту, м ³ ·га ⁻¹ ·рік ⁻¹	Втрати сортиментів, м ³ ·га ⁻¹ ·рік ⁻¹				Збитки, тис. грн·га ⁻¹
			Пиловник	Баланси	Техсировина	Дрова паливні	
10	0,8	0,152	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20	2,5	0,475	0,00	0,00	0,00	0,48	2,27
30	4,3	0,817	0,00	0,00	0,33	0,49	4,19
40	5,6	1,064	0,21	0,32	0,32	0,21	7,20
50	6,4	1,216	0,36	0,36	0,36	0,12	8,86
60	6,8	1,292	0,52	0,52	0,13	0,13	10,16
70	6,9	1,311	0,71	0,38	0,10	0,12	10,91
80	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
90	0,8	0,152	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
100	2,5	0,475	0,00	0,00	0,00	0,48	2,27
Загалом							45,88

В умовах вологого буково-смерекового суяличника також змінився породний склад, а погіршення лісорослинних умов призвело до зменшення радіального приросту ялини на 8 % і приросту за об'ємом на 15,8 %, а також до зменшення частки ялини у складі на 1 % і відповідного збільшення частки бука в складі на 0,75, а ялиці – на 0,25 %. Під час розрахунку приросту об'ємів деревини бука та ялиці було враховано їхнє збільшення на 15,8 % як екологічно рівнозначну реакцію на всихання ялини. З урахуванням породного складу ялинників різних класів віку вартість деревини ялинників, що всихають, в довготерміновій

перспективі становитиме 417,16 тис. грн·га⁻¹ за 100 років. Аналогічний розрахунок без урахування зміни породного складу визначив вартість деревини ялинників – 452,77 тис. грн·га⁻¹. Це означає, що через зміну породного складу в умовах вологого буково-ялицевого суsumerічника втрати вартості деревини становитимуть 35,61 тис. грн·га⁻¹ за 100 років.

Зменшення доходу від втрати об'ємів заготовленої деревини внаслідок збільшення обороту рубки розраховано з урахуванням зміни головної породи з ялини на бук через усихання першої та віку рубки цих порід: ялини – 70, бука – 90 років. Оскільки в умовах вологого чистого суsumerічника на дослідних об'єктах ще не помічено загрози зміни головної породи, то розрахунки проведено для вологого буково-ялицевого суsumerічника і вологого буково-смерекового суяличника. Для вологого буково-ялицевого суsumerічника вже протягом перших 50 років втрати вартості становитимуть майже 70 тисяч гривень на 1 гектар, але після проведення рубки та періоду лісовідновлення до 100 років утрати становитимуть лише 5,63 тис. грн·га⁻¹ (табл. 9). Таким чином, унаслідок збільшення обороту рубки економічні втрати підприємств будуть незначними. В умовах вологого буково-смерекового суяличника також спочатку втрати інтенсивно зростають – до 50 років перевищують 100 тис. грн·га⁻¹, а пізніше зменшуються і в 100 років становлять 37,02 тис. грн·га⁻¹. Така ситуація пояснюється ще інтенсивнішим ростом ялини в молодому віці в деревостанах високого класу бонітету (I^a та вище), тому в таких типах лісу ці втрати є доволі суттєвими.

Таблиця 9

Вартість довготермінових втрат ялинників, що всихають, в умовах вологого буково-ялицевого суsumerічника внаслідок збільшення обороту рубки

Вік, років	Ялинники		Букняки		Збитки, тис. грн
	Приріст, м ³ ·га ⁻¹ ·рік ⁻¹	Вартість, тис. грн·га ⁻¹	Приріст, м ³ ·га ⁻¹ ·рік ⁻¹	Вартість, тис. грн·га ⁻¹	
10	1,4	0,00	0,6	0,00	0,00
20	4,1	19,63	2,5	11,97	7,66
30	6,5	33,34	3,5	18,26	15,08
40	7,9	53,47	4,1	29,93	23,54
50	8,6	62,68	4,5	40,77	21,92
60	8,9	70,01	4,8	54,69	15,31
70	8,9	74,09	4,9	57,76	16,33
80	0	0,00	4,8	57,52	дохід - 57,52
90	1,4	0,00	4,7	56,33	дохід - 56,33
100	4,1	19,63	0	0,00	19,63
Разом	51,8	332,8 5	34,4	327,22	5,63

Отримані результати свідчать, що економічні наслідки всихання ялинників за типами лісу суттєво відрізняються. Так, найбільший дохід від додаткового об'єму заготовленої деревини внаслідок усихання ялини в умовах вологого чистого суsumerічника сягатиме 627,13 мільйонів гривень, або 7,45 тис. грн·га⁻¹ на рік, дещо меншим він буде в умовах вологого буково-смерекового суяличника (5,65) і значно меншим – в умовах вологого буково-ялицевого суsumerічника (2,96 тис. грн·га⁻¹ на рік). Якщо вчасно не проводити санітарно-оздоровчі заходи, то вже за 3 роки внаслідок гниття дохід зменшиться на 30–40 % (табл. 10).

Поточні втрати через зменшення приросту дерев також суттєво відрізняються за типами лісу і становлять від 7,91 (С₃-См) до 16,24 (С₃-бкяцСм) тис. грн·га⁻¹ на рік. Баланс між поточними прибутками і втратами свідчить, що унаслідок усихання ялинників втрати перевищують дохід, який в основних типах лісу в середньому становить мінус 11,76 тис. грн·га⁻¹ на рік, тобто середні поточні втрати досягають 12 тис. грн·га⁻¹ на рік.

Довготермінові економічні наслідки всихання ялинників в основних типах лісу також свідчать про збитки, але вони є меншими від поточних у зв'язку з високою ефективністю саморегуляційних (відновних) функцій лісів. За видами вони становлять від повної

відсутності до 0,46 тис. грн·га⁻¹ на рік із середнім значенням 0,23 тис. грн·га⁻¹ на рік. Тому з урахуванням довготермінових збитків середній розмір збитків від усихання ялини в Українських Карпатах досягне майже 7 тис. грн·га⁻¹ на рік (див. табл. 10).

Таблиця 10

Баланс економічних наслідків усихання ялиників за типами лісу

Види наслідків всихання	Економічні наслідки всихання ялиників за типами лісу, тис. грн·га ⁻¹ на рік			Середнє, тис. грн·га ⁻¹ на рік
	Вологий чистий суsumerічник	Вологий буково-ялицевий суsumerічник	Вологий буково-смерековий суяличник	
Прибутки поточні				
Від додаткового об'єму деревини	7,45	2,96	5,65	5,35
Від додаткового об'єму деревини з урахуванням гниття	4,72	2,06	3,98	3,59
Баланс між способами розрахунку	-2,73	-0,90	-1,67	-1,76
Збитки поточні				
Втрати приросту	7,91	16,24	11,12	11,76
Баланс між поточними прибутками і збитками	-0,46	-13,29	-5,47	-6,41
Збитки довготермінові				
Зменшення приросту від спрощення структури	0,46	0,14	0,36	0,32
Через зміну головної породи	0,00	0,06	0,37	0,14
Загальний баланс	-0,92	-13,49	-6,20	-6,87

Висновки. Економічні наслідки всихання ялиників Українських Карпат поділяються на поточні (зростання доходу від збільшення об'ємів лісозаготівель за рахунок додаткових санітарних рубок; зменшення доходу від втрати вартості заготовленої деревини ялини внаслідок усихання; зменшення доходу від зниження повноти) та довготермінові (зменшення доходу від втрати вартості деревини внаслідок зміни породного складу з ялини на бук; зменшення доходу від втрати об'ємів заготовленої деревини внаслідок зменшення її приросту та збільшення обороту рубки). Екологічні наслідки – зміна головної породи.

Дохід від заготівлі додаткового об'єму деревини внаслідок усихання ялини визначається інтенсивністю всихання та розподілом ялиників за класами віку й досягає максимуму в умовах вологого чистого суsumerічника – 627,13 мільйонів гривень, або 7,45 тис. грн·га⁻¹ на рік. Середній розмір такого доходу становив 5,35 тис. грн·га⁻¹ на рік. Непроведення вчасних санітарно-оздоровчих заходів зменшує цей дохід на 30–40 відсотків.

Поточні збитки від усихання ялини через збільшення сухості клімату (глобальне потепління) зумовлені зменшенням радіального приросту стовбурів ялини й відповідним зменшенням повноти деревостану. Їхні коливання за типами лісу оцінюються від 7,91 (в умовах вологого чистого суsumerічника) до 16,24 (в умовах вологого буково-ялицевого суsumerічника) тис. грн·га⁻¹ на рік. Їхня величина за всіма типами лісу перевищує отримані прибутки, а середні для основних типів лісу Українських Карпат поточні збитки сягають 12 тис. грн·га⁻¹ на рік.

Довготермінові економічні наслідки всихання ялиників в основних типах лісу за своєю суттю також є збитками, але за величиною значно менші від поточних із середнім значенням 0,23 тис. грн·га⁻¹ на рік. З їх урахуванням середній розмір збитків від усихання ялини в основних типах лісу Українських Карпат досягає 7 тисяч гривень з одного гектару на рік.

ПОСИЛАННЯ – REFERENCES

- Schulze, E.-D.* 1989. Air pollution and forest decline in a spruce (*Picea abies*) forest. *Environmental Science*, 244(4906): 776–783.
- Mehlhorn, H., Francis, B. J., Wellburn, A. L.* 1988. Prediction of the probability of forest decline damage to Norway spruce using three simple site independent diagnostic parameters. *New Phytology*, 110: 525–534.

Oren, R., Lange, O. L., Schulze, E.-D. 1989. Forest decline and air pollution: a study of spruce (*Picea abies*) on acid soils. Springer, 475 p.

Ardö, J. 1998. Remote sensing of forest decline in the Czech Republic. Lund university, Sweden, 47 p.

Mauer, O. and Palátová, E. 2010. Decline of Norway spruce in the Krkonoše Mts. *Journal of Forest Science*, 56: 361–372.

Sostoyanie lesov i izmenenie klimata [Health condition of forests and climate change]. 2006. [Electronic resource]. Available from: <http://www.fao.org/newsroom/ru/focus/2006/1000247/index.html> (last accessed date 04.05.2017) (in Russian).

Shparyk, Yu. S., Parpan, T. V., Slobodyan, P. Ya., Savchyn, T. I., Buny, V. Ya. 2013. Vsyhannya yalynnykiv na pivnichno-skhidnomu mehaskhyli Ukrayinskykh Karpat [Die-back of fir forests on north-eastern megaslope of Ukrainian Carpathians]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrayiny [Scientific Bulletin of UNFU]*, 23.5: 141–147 (in Ukrainian).

Decline of spruce caused by a complex of factors. 2017. [Electronic resource]. Available from: <http://www.forestryimages.org/browse/subimages.cfm?sub=13178> (last accessed date 04.05.2017).

Vyvchyty prychny vsykhannya yalynnykiv v Karpatskomu rehioni, rozrobty rekomendatsiyi z vedennya v nykh lisovoho hospodarstva i zaminy pohidnykh yalynnykiv na korinni derevostany [To study reasons for die-back of spruce forests in the Carpathian region and to develop the recommendations on forest management and replacement of secondary spruce forests with indigenous stands]. 2014. Zvit z NDR (zakliuchnyi). [Report]. State registration number 0110U005048. Ivano-Frankivsk, UkrNDIgirlis, 292 p. (in Ukrainian).

Kislova, T. A. 1987. Ekonomicheskie kategorii v lesnom khozyaystve [Economic categories in forestry]. Lviv, Vyshcha Shkola, 167 p. (in Russian).

Pearse, P. H. 1990. Introduction to Forestry Economics. Vancouver, University of British Columbia Press, 226 p.

Ostroshenko, V. V. 2011. Ekonomika lesnogo khozyaystva [Forestry Economics]. Moscow, Publishing center "Academiya", 240 p. (in Russian).

Shershun, M. and Pleskach, M. 2015. Ekonomika lisovogo gospodarstva [Forestry Economics]. Rivne, Volynski Oberehi, 184 p. (in Ukrainian).

Shvidenko, A. Z., Strochinsky, A. A., Savich, Yu. N., Kashpor, S. N. (Eds.). 1987. Normativno-spravochnyye materialy dlya taksatsii lesov Ukrainy i Moldavii [Regulatory reference materials for forest inventory in Ukraine and Moldova]. Kyiv, Urozhay, 559 p. (in Russian).

Tablytsi khodu rostu i tovarnosti nasadzhen derevnykh porid Ukrayiny [Yield and merchantability tables for wood species stands in Ukraine]. 1969. Kyiv, Urozhay, 110 p. (in Ukrainian).

Shparyk Y. S.

ECOLOGICAL AND ECONOMIC RESULTS OF SPRUCE DECLINE IN THE UKRAINIAN CARPATHIANS

State Higher Educational Institution "Vasyl Stefanyk Precarpathian National University"

Analysis of permanent research results of 19 forest stands in main forest types of the Ukrainian Carpathians allowed estimating the current and long-term ecological and economic effects of spruce forest decline. Profit from additional wood volume harvesting due to spruce decline determined by the decline intensity and spruce forest distribution for age classes and reaches a maximum in the wet middle fertile pure spruce forest type (7.45 thousand UAH per hectare per year) with its average value – 5.35 thousand UAH per hectare per year. Lack of sanitary and health measures reduces this profit by 30–40 percent during next 2–3 years. Current losses from the decrease in radial growth of spruce and from the decrease of tree number per hectare according to forest types are estimated from 7.91 (wet middle fertile pure spruce forest type) to 16.24 (wet middle fertile beech-fir-spruce forest type) thousand UAH per hectare per year with an average size of 12 thousand UAH per hectare per year. Long-term effects of spruce forest decline are significantly lower with negative balance and average of 0.23 thousand UAH per hectare per year. Total average size of losses from the spruce decline in main forest types of the region can reach 7 thousand UAH per hectare per year. Ecological effects are main species changing on 200–300 thousand hectares of regional forests.

К е у w o r d s : Norway spruce, Ukrainian Carpathians, spruce forest decline, forest type, current results, profit, long-term results, losses.

Шпарык Ю. С.

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ УСЫХАНИЯ ЕЛЬНИКОВ УКРАИНСКИХ КАРПАТ

Государственное высшее учебное заведение «Прикарпатский национальный университет имени Василия Стефаника»

Анализ результатов стационарных исследований 19 древостоев основных типов леса Украинских Карпат позволил оценить текущие и долгосрочные эколого-экономические последствия усыхания ельников. Прибыль от заготовки дополнительного объема древесины в результате усыхания ели определяется интенсивностью усыхания и распределением ельников по классам возраста и достигает максимума в условиях влажной чистой сурамени (7,45 тыс. грн·га⁻¹ в год) со средним его значением 5,35 тыс. грн·га⁻¹ в год. Отсутствие своевременного проведения санитарно-оздоровительных мероприятий уменьшает эту прибыль на 30–40 процентов. Текущие потери от уменьшения радиального прироста стволов ели и уменьшения полноты ельников

по типам леса оцениваются от 7,91 (СЗ-Е) до 16,24 (СЗ-БПЕ) тыс. грн·га⁻¹ в год со средней их величиной 12 тыс. грн·га⁻¹ в год. Долгосрочные последствия усыхания значительно меньше текущих с отрицательным балансом и средним значением 0,23 тыс. грн·га⁻¹ в год. С их учетом средний размер потерь от усыхания ели в основных типах леса региона может достичь 7 тыс. грн·га⁻¹ в год. Экологические последствия – изменение главной породы на 200–300 тыс. га лесов региона.

Ключевые слова: ель европейская, Украинские Карпаты, усыхание, тип леса, текущие последствия, прибыль, долгосрочные последствия, потери.

E-mail: yuriy.shparyk@pu.if.ua

Одержано редколегією 08.05.2017