

2. ЕКОЛОГІЯ ДОВКІЛЛЯ

УДК 630*182.59

*Ст. наук. співроб. Ю.С. Шпарик, канд. с.-г. наук –
УкрНДІгірліс; ст. наук. співроб. Р.М. Вітер, канд. с.-г. наук –
Прикарпатський НУ ім. Василя Стефаника, м. Івано-Франківськ*

ВПЛИВ ТЕХНОГЕННИХ ЕМІСІЙ НА СТАН ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ

Висвітлено результати моніторингових досліджень з оцінювання впливу аеротехногенного забруднення на стан лісових екосистем Західного Лісостепу. Стан основних лісотвірних порід (дуба звичайного, бука лісового, граба) біля Бурштинської електростанції гірший за середній у регіоні. Концентрації важких металів у лісових ґрунтах, підстилці, листках та травах вищі за фонові.

Ключові слова: лісовий моніторинг, дуб, бук, дефоліація, дехромація, пошкодження, забруднення, важкі метали.

Прогресуючий антропогенний вплив на навколишнє середовище у другій половині ХХ ст. зумовив негативні зміни в лісових екосистемах: погіршення біорізноманіття, спрощення структури дендроценозів, зниження їх продуктивності, погіршення санітарного стану і їх репродуктивних функцій, та інші негативні аспекти щодо лісових екосистем. Основним негативним фактором такого впливу було визначене аеротехногенне забруднення [1-3]. З огляду на це, у 1985 р. було ухвалено Міжнародну Спільну Програму з оцінки і моніторингу впливу повітряного забруднення на ліси (ICP-Forest) [4]. У 1986 р. Європейський Союз ратифікував "Програму захисту лісів від атмосферного забруднення" [5]. У вирішенні проблем погіршення стану лісів чільне місце займають моніторингові дослідження. Результати досліджень з програми ICP-Forest засвідчують погіршення в Європі впродовж останніх років стану найбільш поширених широколистяних деревних видів – бука і дуба [6]. В окремих публікаціях наведено результати моніторингових досліджень лісів, здійснених у Карпатському регіоні за методикою ICP Forest [7, 8], проте сучасний стан лісів на території Західного Лісостепу потребує більш детального аналізу з метою встановлення причин його погіршення. За даними літератури, ефективними індикаторами техногенного забруднення лісів є важкі метали [9], тому актуальним завданням є встановлення їх вмісту в основних компонентах лісових екосистем.

Методика проведення досліджень. Об'єктами досліджень були дубові і букові лісостани Галицького національного природного парку і ДП "Роґатинське лісове господарство", розташовані на території Західного Лісостепу. Вивчення стану лісових екосистем проведено на постійних пунктах спостережень (ППС) локального моніторингу, закладених за методиками програми ICP-Forest та моніторингу лісів І-го рівня України [4, 7, 10]. У всіх облікових дерев визначали такі показники: периметр стовбура на висоті 1,3 м; клас Крафта; кількість сухих сучків; ступінь плодоношення; дефоліацію вершини; дефоліацію і дехромацію всієї крони; відзначали наявні види пошкоджень і їх інтенсивність. Клас пошкодження деревостану встановлювали за класами дефоліації і дехромації. На ППС відбирали зразки снігу, лісової підстилки,

грунту, листків і трав'яних рослин. Вміст важких металів у них визначали методом атомно-емісійної спектроскопії в індуктивно зв'язаній плазмі на приладі Plasmaquant-110. Відносна похибка вимірювання становила 10 %. Для хіміко-аналітичних вимірювань важких металів використано такі стандарти: препарати фізико-хімічного інституту ім. А.В. Богацького АН України та фірми "Merck". Похибки визначень оцінено за відповідними нормативами [11]. Картографічна інформація опрацьована у форматі програми Mapinfo.

Результати та обговорення. За результатами досліджень на мережі локального моніторингу (13 ППС) в зоні викидів Бурштинської теплової електростанції (далі – Бурштинська ТЕС) встановлено характеристики стану лісів (табл. 1). Так, кількість сухих сучків коливається від 8,9 % на ППС-9Б до 23,1 % на ППС-4Б, за середнього значення 15,4 %. Плодоношення в період спостережень (серпень) було практично відсутнє або дуже слабе. Максимальну дефоліацію вершини і всієї крони зафіксовано на ППС-4Б – відповідно 29,0 і 39,6 %, а мінімальні показники встановлено на ППС-1Б – 11,7 і 7,1 %. У середньому, дефоліація вершини становить 19,8 % і класифікується за відповідною шкалою як слабка, а загальна дефоліація досягає 27,8 % і є середньою. Тільки на ППС-1Б дефоліація оцінюється як відсутня, на 4 об'єктах – слабка, а на 8 – середня. Найбільша дефоліація (30-40 %) характерна для дубових лісостанів.

Табл. 1. Основні показники стану деревостанів на ППС локального моніторингу

Номер ППС	Переважаюча порода	Периметр, см	Клас Крафта	Сухі сучки, %	Плодоношення, бал	Дефоліація, %		Дехромація, %	Клас пошкодження
						вершини	загальна		
1Б	Бкл	112,2	1,1	9,6	1,3	11,7	7,1	4,6	0,4
2Б	Дз	83,8	1,9	9,7	1,2	16,8	23,7	19,3	1,3
3Б	Дз	70,4	1,6	17,5	0,5	21,2	29,7	24,6	1,8
4Б	Дз	70,9	1,8	23,1	0,4	29,0	39,6	38,9	2,9
5Б	Дз	96,7	1,4	20,4	0,1	24,8	33,7	31,9	2,7
6Б	Дз	84,5	1,7	19,5	0,6	23,6	32,2	29,5	2,7
7Б	Дз	78,4	1,9	21,6	0,6	20,8	30,0	22,3	1,9
8Б	Дз	75,2	1,5	15,8	0,4	23,2	34,6	26,8	2,6
9Б	Дз	88,8	1,6	8,9	0,1	22,9	35,8	27,5	2,7
10Б	Бкл	99,1	1,2	14,8	0,6	17,7	26,0	17,7	1,8
11Б	Бкл	86,9	2,0	9,4	0,3	16,3	23,4	20,8	1,4
12Б	Бкл	92,8	1,5	10,7	0,5	14,4	22,5	16,3	1,3
13Б	Бкл	108,0	1,8	12,8	0,3	14,6	22,9	20,2	1,4
Сер.	-	88,3	1,6	15,4	0,5	19,8	27,8	23,1	1,9

Дехромація крони перебуває у широкому діапазоні – від 4,6 % на ППС-1Б до 38,9 % на ППС-4Б. На одному ППС вона оцінюється за шкалою як відсутня, на 7 об'єктах – слабка, а на 5 – середня. У середньому, дехромація досягає 23 % і класифікується як слабка. За комплексною оцінкою найгірший стан деревостанів на ППС-4Б і ППС-5Б, що підтверджується значеннями класу пошкодження. Найнижчий клас пошкодження деревостану встановлено на ППС-1Б – 0,4. Середнє значення цього показника у досліджуваних

об'єктах становить 1,9, що свідчить про середній ступінь пошкодження лісостанів техногенними емісіями.

Встановлено, що показники дефоліації дуба звичайного, бука лісового і граба в районі досліджень перевищують середні її значення в Івано-Франківській обл. Так, середня дефоліація бука становить 23,5 % (середня в області – 12,4 %), граба – 24,4 % (17,2 %), дуба – 32,4 % (24,6 %) (рис. 1). Як свідчать наведені дані, середній показник дефоліації бука нижчий порівняно з дубом в 1,4 раза. Однак, рівень дефоліації досліджуваних букових лісостанів у два рази вищий, ніж гірських букових лісів Карпат [12, 13]. Зазначимо, що з віддаленістю від основного джерела викидів (Бурштинська ТЕС) показник дефоліації лісів дещо зменшується.

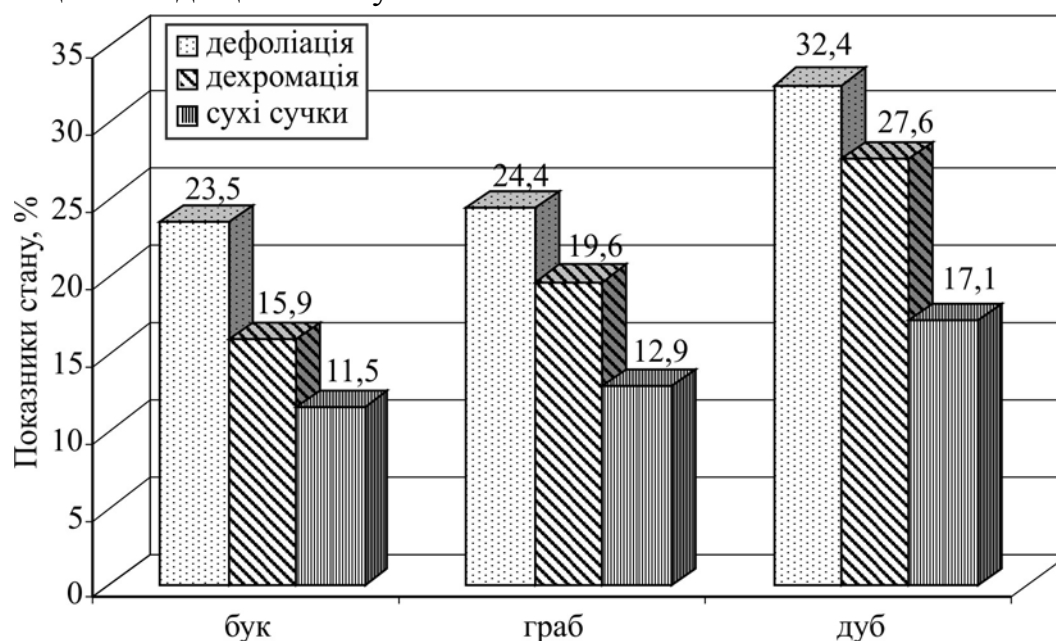


Рис. 1. Середні показники стану основних лісотвірних порід

Дехромація лісостанів за аналогією з дефоліацією також перевищує фонові показники. Так, дехромація дуба звичайного в середньому становить 27,6 % (середня в області – 19 %). У бука лісового ці показники становлять відповідно 15,9 і 7 %, у граба – 19,6 і 11 %. Дехромація бука в 1,7 раза нижча, ніж у дуба. Просторовий розподіл характеристик дехромації на території досліджень подібний до розподілу дефоліації: зони максимальної дехромації (до 40 %) розташовані на відстані 5-20 км від Бурштинської ТЕС, переважно в напрямку домінуючих вітрів і характерні для дубових деревостанів.

Кількість сухих сучків у кронах дерев є одним із показників стану лісів у системі моніторингу. Найвищий відсоток сухих сучків виявлено у дуба – 17,1 % (середнє значення по області – 15 %). У бука ці показники дорівнюють відповідно 11,5 і 6 %, у граба – 12,9 і 8 %. Кількість сухих сучків у бука в 1,5 раза менша порівняно з дубом. Середній клас пошкодження букових деревостанів становить 1,3, грабових – 1,7, а дубових – 2,3 (в 1,8 раза вищий за букові ліси). Таким чином, бук лісовий, порівняно з дубом звичайним та грабом, відзначається найнижчими показниками дефоліації, дехромації та кількості сухих сучків, що є свідченням його вищої стійкості до негативного впливу техногенних емісій в умовах Західного лісостепу.

Аналіз забруднення компонентів лісових екосистем важкими металами виконано на основі порівняння їх концентрацій з фоновими концентраціями в Івано-Франківській обл. (табл. 2).

Табл. 2. Концентрації важких металів у компонентах лісових екосистем, мкг/г

Хімічний елемент	Вміст елементів у компонентах лісових екосистем, мкг/г							
	грунт		лісова підстилка		листки дуба		осока волосиста	
	фон	середнє для 13 ППС	фон	середнє для 13 ППС	фон	середнє для 13 ППС	фон	середнє для 13 ППС
Al	2530	2762	840	1000	94	120	67	95
B	3,5	4,0	13,6	16	18,4	25	7,3	13
Ba	51	40,7	305	330	195	240	32	29
Cd	0,14	0,3	0,4	1,9	0,5	1,3	0,1	0,15
Ce	4,0	15,7	-	-	-	-	-	-
Co	1,6	4,3	0,25	0,72	0,2	1,3	0,01	0,025
Cr	1,2	1,9	7,9	10	6,4	10	-	-
Cu	2,8	5,3	8,4	21	3,5	14	4,2	13
Fe	2923	6578	4620	6700	820	790	56	120
La	0,5	7,0	-	-	-	-	-	-
Mg	169	168	1250	1400	1730	2200	2100	2400
Mn	161	634	240	630	170	330	124	570
Mo	3,7	2,9	1,4	1,3	0,5	1,1	-	-
Ni	1,1	4,6	20	82	17	45	-	-
Pb	8,3	17,2	1,8	9,2	3,2	12	2,1	5,9
Sr	2,4	11	4,2	22	5,6	45	12,8	29
Ti	0,9	7,8	3,5	39	0,4	5,2	1,1	3,2
V	2,2	5,8	8,3	76	45	180	6,2	21
Zn	1,1	12,9	5,7	46	4,1	38	14,7	78

Всього у лісових ґрунтах виявлено 19 важких металів, у лісовій підстилці і в листках дуба – по 17, у трав'яному вкритті – 14. У відібраних зразках ґрунту перевищення фонових концентрацій встановлено для 16 із 19 визначених елементів – за винятком Ba, Mg і Mo. У лісовій підстилці і листках дуба таке перевищення відзначено для 16 з 17 елементів, а в осоці волосистій – для 13 з 14 елементів. У ґрунті концентрація Cr, Cu, Cd, Fe, Pb, V більша від фонового рівня забруднення у 1,5-2,5 разів, Ce, Mn, Ni, Sr – у 4-4,5, Ti – у 9, Zn – у 12, La – у 14 разів. У лісовій підстилці вміст Fe в 1,5 раза перевищує фоновий рівень, Cu, Mn, Co – у 2,5-3, Ni, Pb, Cd, Sr – у 4-5, Zn у 8, V – у 9, Ti – в 11 разів. Варто зазначити, що у лісовій підстилці концентрація більшості важких металів є вищою порівняно з ґрунтами: Sr – у 2 рази, B, Cu – у 4, Cr, Ti – у 5, Cd – у 6, Ba, Mg – у 8, V – у 13, Ni – у 18 разів. Концентрації Fe і Mn є подібними, а концентрація Al, Co, Mo, Pb більша у ґрунтах. У листках дуба вміст Sr, Zn і Ti більший від фонового рівня відповідно у 8, 9 і 13 разів. У трав'яному вкритті перевищення фонових концентрацій менш істотне (в 1,4-5,3 разів), а максимумами перевищень характерні для Zn, Mn і V.

Забруднення снігу важкими металами визначалося за сезонним об'ємом випадіння певних хімічних елементів на поверхню снігу під наметом деревостану. На основі виконаних розрахунків здійснювали картування заб-

рудень за кожним елементом, а отримані результати проілюстровані на прикладі міддю (рис. 2).

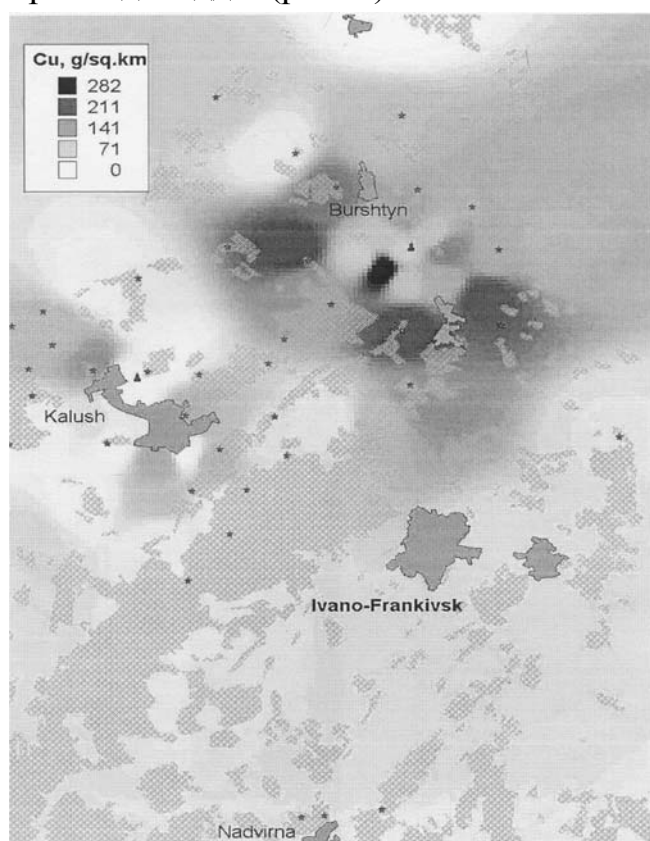


Рис. 2. Забруднення снігу міддю на об'єктах моніторингу лісів
(на карті об'єкти моніторингу позначено зірочками)

Рівень забруднення снігу всіма важкими металами поблизу Бурштинської ТЕС перевищує фоновий рівень в Івано-Франківській обл. У зразках снігу найвищі концентрації встановлено для Ni, Zn, Mo, V і Pb. Максимальні концентрації індикаторів вугільної золи (V, Mo, Ti, Zn) зафіксовано на відстані 5-25 км від Бурштинської ТЕС, а їх просторовий розподіл переважно збігається з напрямками переважаючих вітрів: північно-західним і південно-східним.

Висновки. Результати досліджень на об'єктах локального моніторингу навколо Бурштинської ТЕС засвідчують, що техногенні емісії негативно впливають на стан лісових екосистем у регіоні Західного Лісостепу. Показники дефоліації, дехромації, класу пошкодження, кількості сухих сучків основних лісотвірних порід у районі досліджень вищі від середніх показників

по Івано-Франківській області, але ще не є критичними. За основними показниками бук лісовий відзначається вищою стійкістю до техногенних емісій, порівняно з дубом звичайним і грабом, а найгірший стан виявлено у дуба.

Викиди Бурштинської ТЕС зумовлюють забруднення важкими металами всіх структурних компонентів лісових екосистем навколо електростанції. За даними поліелементного аналізу, найбільшу кількість елементів важких металів виявлено у лісових ґрунтах. Максимальні перевищення фонових концентрацій спостерігаються у ґрунтах і лісовій підстилці. Вміст більшості важких металів у лісовій підстилці вищий, ніж у ґрунтах. У ґрунтах найбільші перевищення фонових рівнів забруднення встановлено для La, Ti, Zn, у лісовій підстилці – для Ti, V, Zn, в асиміляційному апараті дуба – Ti, Zn, Sr, у трав'яному вкритті – Zn, Mn і V.

Максимальні концентрації індикаторів вугільної золи зафіксовано в снігу та в структурних елементах лісових екосистем на відстані 5-25 км від Бурштинської ТЕС, а їх просторовий розподіл переважно збігається з напрямками переважаючих вітрів: північно-західним і південно-східним. З метою об'єктивної оцінки стану та рівнів забруднення лісових екосистем Західного Лісостепу необхідно продовжувати дослідження на мережі моніторингу лісів. Це дасть змогу попередити різке погіршення їх стану і запланувати відповідні лісівничі заходи.

Література

1. **Royal** Ministry for Foreign Affairs; Royal Ministry of Agriculture (Eds.) (1971). Air pollution across national boundaries. The impact of sulphur in air and precipitation, Sweden's case study for the United Nations conference on the Human environment. – Stockholm, 96 p.
2. **Smith W.H.** (1981). Air pollution and Forests. Interaction between air contaminants and forest Ecosystems. – New-York, Heidelberg, Berlin, 56 p.
3. **UN/ECE** (1979). Convention on long-range transboundary air pollution. – Geneva.
4. **ICP** (ed.) (1985). Manual on the methodologies for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Programme Coordinating Centres east and west of the international cooperative programme on assessment and monitoring of air pollution effects on forests. 92 pp.
5. **EC** (1986). Concil Regulation (EEC) No. 3528/86. On the Protection of forests in the Community Against Atmospheric. Brussels. Official Journal of the European Communities No. L 362/2.21 November 1986- 24 p.
6. **Forest Condition in Europe / 1998 Executive Report** – Geneva & Brussels, 1998. – 37 p.
7. **Приходько Н.Н.** Особенности организации мониторинга лесных экосистем в регионе Карпат и прилегающих территорий / Н.Н. Приходько, П.Д. Маркив // Лесное хозяйство. – 1996. – № 3. – С. 51-52.
8. **Шпарик Ю.С.** Моніторинг лісів Українських Карпат / Ю.С. Шпарик // Науковий вісник УкрДЛТУ : зб. наук.-техн. праць. – Сер.: Лісівницькі дослідження в Україні. – Львів : Вид-во УкрДЛТУ. – 2002. – Вип. 12.4. – С. 158-166.
9. **Алексеев Ю.В.** Тяжёлые металлы в почвах и растениях / Ю.В. Алексеев. – Л. : Агропромиздат, 1986. – С. 57-58.
10. **Методичні** рекомендації з моніторингу лісів України І рівня / за ред. канд. с.-г. наук І.Ф. Букша. – Харків : Вид-во УкрНДЛГА, 2001. – 34 с.
11. **Методические** рекомендации по обследованию и картированию почвенного покрова по уровням загрязненности промышленными выбросами // Утверждено Учен. советом Ин-та почвоведения им. В.В. Докучаева 10.05.84 (протокол № 12). – М. : ВАСХНИЛ, 1987. – 26 с.
12. **Дати оцінку** динамічних змін під впливом антропогенних і техногенних факторів на основі моніторингових досліджень в лісах регіону Карпат: Звіт про НДР з теми № 24 (заключний) // Український науково-дослідний ін-т гірського лісівництва, № ДР 0100U001489; Обл. № 0203U002567. – Івано-Франківськ, 2002. – 177 с.
13. **Моніторинг** букових пралісів Карпатського біосферного заповідника / Ю.С. Шпарик, А. Бюргі, Б. Коммармот та ін. // Розвиток заповідної справи і формування Пан'європейської екологічної мережі : зб. наук. праць. – Рахів, 2008. – С. 468-472.

Шпарик Ю.С., Витер Р.М. Влияние техногенных эмиссий на состояние лесных экосистем Западной Лесостепи

Изложены результаты мониторинговых исследований по оценке влияния аэро-техногенного загрязнения на состояние лесных экосистем Западной Лесостепи. Состояние главных лесообразующих пород (дуба обыкновенного, бука лесного, граба) вокруг Бурштынской ТЭС хуже среднего в регионе. Концентрации тяжёлых металлов в лесных почвах, подстилке, листьях и травах выше фоновых.

Ключевые слова: лесной мониторинг, дуб, бук, дефолиация, дехромация, повреждения, загрязнение, тяжёлые металлы.

Shparyk Yu.S., Viter R.M. Impact of technogenic emissions on the forest ecosystems condition of Ukrainian Western Foreststeppe region

This article reviews the monitoring studies results on impact evaluation of aero-technogenic pollution on forest ecosystems condition of Ukrainian Western Foreststeppe region. Conditions of main forest species (oak, beech, hornbeam) near Burshtyn'ska power station are worse than average in the region. Concentration of heavy metals in forest soils, litter, leaves and grasses above the regional background.

Keywords: forest monitoring, oak, beech, defoliation, decolouration, damages, pollution, heavy metals.