

ЗАПАСИ Й ЕЛЕМЕНТНИЙ СКЛАД ОПАДУ ТА ПІДСТИЛКИ В ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМАХ СТРИЙСЬКО-СЯНСЬКОЇ ВЕРХОВИНИ (УКРАЇНСЬКІ КАРПАТИ)

В. Рожак, В. Козловський*

*Інститут екології Карпат НАН України
вул. Козельницька, 4, Львів 79026, Україна
e-mail: vkozlovskyu@gmail.com*

Річний опад (4–8 ц/га) і запаси підстилки (10–25 ц/га) в досліджених деревостанах перебувають у межах, характерних для лісів Європи. Вміст досліджених зольних елементів у опаді та підстилці пропорційний до загальної кількості річного опадів і запасів підстилки, за винятком 30-річного смеречника, де об'єм циклу хімічних елементів виявився відносно вищим. Показники опадопідстилкового коефіцієнта (ОПК) перебувають у межах 2–4, що свідчить про загальмований рівень інтенсивності розкладання підстилки. Для більшості елементів (Na, Ca, Mg, Cu, Sr, Zn, Mg, Co, Pb) значення ОПК коливається в межах, які відповідають загальмованому типу кругообігу; інтенсивність кругообігу К змінюється від інтенсивного до загальмованого, Fe, Mn, Al – від сильнозагальмованого до застійного.

Ключові слова: підстилка, опад, інтенсивність кругообігу, зольні елементи.

Формування підстилки і її деструкція – ключова ланка кругообігу в природних екосистемах, що забезпечує переміщення хімічних елементів від живої біомаси до ґрунту. Дослідження темпів кругообігу через опадопідстилкові коефіцієнти (ОПК) є потенційним способом оцінки змін у екосистемах, пріоритетним засобом з точки зору можливості аналізувати хід кругообігу, визначати зміни в окремих ланках, і впливати на його перебіг практичними заходами. Знання про кругообіг елементів між автотрофним блоком і ґрунтом через опад є одним із фундаментальних аспектів для адекватного управління лісовим господарством [30].

Метою цього дослідження було встановити особливості біогеохімічного кругообігу основних мікро- та макроелементів у типових лісових екосистемах Стрийсько-Сянської верховини через їх накопичення у ґрунті, підстилці й опаді.

Об'єкти, матеріали та методи дослідження

Стрийсько-Сянська верховина Вододільно-Верховинської фізико-географічної області Українських Карпат, відповідно до геоботанічного районування [12], належить до району смереково-букових і ялицево-смереково-букових лісів. Моніторингові ділянки локалізовані в межах двох кварталів (8, 38) підприємства “Боринське ЛГ” Львівського ОУЛМГ і розташовані в межах висот 658–775 м н.р.м. (табл. 1, картосхема). Вибір пробних площ зумовлений їх типовістю для лісів Стрийсько-Сянської верховини. Досліджувані лісостани утворюють ряд від корінних (умовнокорінних) угруповань (площа 2) через смеречники на місці вирубаних корінних лісів (площі 1, 4, 5) до смеречників на землях, які використовувались як орні (площа 3). Площі лежать на ґрунтах зі схожими фізико-хімічними властивостями й елементним складом (табл. 2).

Динаміку рослинного опадів досліджували протягом вегетаційного періоду з травня по листопад 2010 року зі щомісячним відбором зразків. Для визначення надходження опадів на кожній ділянці було закладено по 10 опадовловлювачів площею 1 м² кожен. Підстилку

відбирали за допомогою шаблона 25x25 см у 10-кратній повторності [10]. Опад і підстилку розділяли й аналізували за основними фракціями (листя, хвоя, гілки, плоди, детрит).



Картосхема. Розташування моніторингових ділянок на території Боринського лісгоспу (1 – буково-дубовий смеречник зеленчуково-шорсткоожининовий, вік – 50 років; 2 – буково-смерековий яличник ліщиново-шорсткоожининово-папоротевий, вік – 110 років; 3 – ялицево-буковий смеречник мертвопокривний, вік – 30 років; 4 – ялицевий смеречник шорсткоожининовий, вік – 70 років; 5 – буковий смеречник папоротево-шорсткоожининовий, вік – 45 років), 2010 рік.

Таблиця 1

Географічне розташування та породний склад лісостанів пробних площ

Угрупування	Формула лісостану, бонітет, повнота	Вік, роки	Експозиція, крутизна схилу, висота н.р.м.	Координати
1. Буково-дубовий смеречник зеленчуково-шорсткоожининовий	См6ДЗБк1 Ia; 0.83	50	Пн.-Сх., 3-5°, 658 м н.р.м.	49°05'40,52" пн. ш. 22°58'34,92" сх.д.
2. Буково-смерековий яличник ліщиново-шорсткоожининово-папоротевий	Ял8См1Бк1 Ia; 0.81	110	Сх., 8-10°, 769 м н.р.м.	49°05'42,26" пн. ш. 23 01' 16,41" сх.д.
3. Ялицево-буковий смеречник мертвопокривний	См4Бк4Яц2 Ia; 0.87	30	Сх., 3-5°, 775 м н.р.м.	49°05'40,13" пн. ш. 23°01'11,53" сх.д.
4. Ялицевий смеречник шорсткоожининовий	См6Ял4 Ia; 0.89	70	0°, 730 м н.р.м.	49°06'26,57" пн. ш. 22°59' 29,87" сх.д.
5. Буковий смеречник папоротево-шорсткоожининовий	См9Бк1 Ia; 0.78	45	Пн.-сх. 2-4° 687 м н.р.м.	49°05'19,36" пн. ш. 22°58'17,61" сх.д.

Із зразків ґрунту, відібраних за генетичними горизонтами відповідно до української номенклатури [1], виділяли дрібнозем (фракція < 1.0 мм), де визначали актуальну кислотність (рН) потенціометрично у водній витяжці, використовуючи співвідношення ґрунт: розчин 1:2,5, гумус – спектрофотометрично за Тюрнім [8]. Підготовку ґрунтових

зразків до аналізу на валовий вміст металів здійснювали обробкою попередньо прожареної за 450°C проби ґрунту сумішшю HCl та HNO₃ у співвідношенні 3:1. Проби повітряно-сухого матеріалу підстилки й опадів озолляли за температури 450°C. Одержану золу розчиняли розведеною 1:1 HNO₃ [7]. Метали визначали атомно-абсорбційним методом у пропан-бутановому полум'ї з використанням дейтерієвого коректора неселективної абсорбції. Визначення проводили у трьох повторностях. Відносна похибка визначення за P=95% не перевищувала 7%.

Таблиця 2

Вміст хімічних елементів у ґрунтах лісових екосистем Стрийсько-Сянської верховини (Українські Карпати, 17.08.2010)

Горизонт, см	pH H ₂ O/KCl	C %	мкг/г							мг/г				
			Zn	Cd	Co	Pb	Cu	Mn	Sr	Fe	K	Na	Ca	Mg
Бурозем лісовий неглибокий середньосуглинковий (буково-дубовий смеречник зеленчуково-шорсткоожинний, вік – 50 років)														
H (3-16)	3.6/4.4	3.7	61.6	0.28	3.6	19.2	14.5	268	71	12.7	3.1	2.0	1.3	4.9
Hp (16-47)	3.7/4.4	0.8	63.5	0.13	4.3	15.8	18.1	277	81	17.0	3.5	2.4	4.0	4.1
Ph (47-67)	3.9/5.1	0.4	66.3	0.20	4.1	14.2	24.8	299	90	19.5	3.3	4.4	12.0	8.9
Бурозем лісовий неглибокий середньосуглинковий (буково-смеречковий ялиничник ліщиново-шорсткоожинно-папоротевий, вік – 110 років)														
H (4-17)	3.8/4.5	3.6	59.7	0.17	3.1	20.8	12.2	162	65	13.6	3.9	2.6	1.3	4.1
Hp (7-48)	3.9/4.7	0.7	65.3	0.17	3.3	12.5	15.4	184	77	14.8	3.7	2.5	1.3	4.9
Ph (48-76)	4.2/5.0	0.4	63.5	0.17	3.3	11.7	17.2	190	70	11.9	3.0	2.7	2.7	4.9
Бурозем лісовий неглибокий середньосуглинковий глеюватий (ялицево-буковий смеречник мертвопокровний, вік – 30 років)														
H (3-9)	4.1/4.2	2.3	52.3	0.28	2.4	17.5	8.6	128	53	7.6	3.5	4.6	4.0	4.1
Hp (9-27)	4.2/4.8	0.4	52.3	0.14	2.4	10.8	10.4	118	63	10.7	4.1	6.0	13.4	6.5
Ph (27-40)	4.1/4.5	0.3	51.3	0.14	2.6	10.0	10.4	103	63	11.0	3.8	6.1	10.7	6.5
Ph (40-68)	-	-	53.2	0.28	3.6	10.0	12.6	177	71	13.6	3.5	5.2	1.3	4.9
Бурозем неглибокий середньосуглинковий торфуватий (ялицевий смеречник шорсткоожинний, вік – 70 років)														
Hт (3-8)	3.2/4.2	6.5	44.8	0.16	1.4	20.0	6.8	62	49	9.3	3.7	4.7	1.3	8.1
Hp (8-23)	3.8/4.4	2.3	59.7	0.16	1.9	18.3	11.3	78	68	13.6	3.9	3.1	1.3	5.7
Hp (23-50)	3.9/4.7	0.8	63.5	0.20	3.3	13.3	15.8	233	74	16.5	3.5	4.2	13.4	6.5
Ph (50-71)	4.1/4.8	0.4	37.3	0.17	2.9	12.5	11.3	93	88	9.3	2.9	3.0	16.0	8.9
Бурозем лісовий неглибокий середньосуглинковий (буковий смеречник папоротево-шорсткоожинний, вік – 45 років)														
H (3-17)	4.2/3.5	3.6	46.7	0.11	2.4	20.0	9.5	75	58	11.0	4.7	3.2	1.3	4.1
Hp (17-52)	4.3/3.5	0.9	51.3	0.14	3.1	13.3	13.5	146	67	16.6	3.7	3.3	2.7	3.2
Ph (52-72)	4.6/4.0	0.5	51.3	0.13	3.3	12.5	15.8	140	71	16.1	3.3	3.3	1.3	3.2

Результати і їхнє обговорення

Опад і формування підстилки – ключові ланки системи кругообігу речовини в лісовій екосистемі [6, 27]. Кількісна оцінка потоку речовини з опадом, у якому може міститися до половини всієї кількості зольних елементів біомаси хвойного лісу [5], має важливе значення для розуміння динаміки екосистем, стан яких залежить від адекватного мі-

нерального кругообігу, що забезпечує потребу в мінеральних елементах навіть коли їхня кількість у ґрунті є мінімальна. Кількість опаду залежить передусім від фізико-хімічних властивостей ґрунту, видового складу деревостану, бонітету, щільності й зімкненості крон [4]. Очевидно, що в гірських умовах необхідно брати до уваги ще й висоту над рівнем моря та експозицію схилу, де розташована досліджувана площа. Величина опаду змінюється і з віком насадження – максимальний опад (як і приріст) характерний для 40–50-річних насаджень, однак максимум може зсуватися у більш пізні періоди розвитку для низькобонітетних насаджень. Надалі, з віком, величина опаду поступово зменшується [11]. Маса опаду у всіх типах хвойних угруповань зменшується від південних до північних і від рівнинних областей до гірських. Маса листяного опаду смерекових лісів (хвоя, дрібні гілки, насіння) в межах одного й того ж місцезростання порівняно з ялицевими і мішаними деревостанами нижча. Домішка листяних порід у складі хвойних деревостанів та ускладнення структури насаджень сприяє збільшенню маси опаду [9, 11].

Кількість опаду в цілому по всіх угрупованнях лісів помірної зони перебуває в межах 2–10 т/га [11]. Для хвойних лісів кількість опаду становить 2–7 т/га зі середніми значеннями 3–4 т/га. Кількість опаду для букових деревостанів у Європі за даними різних авторів коливається в достатньо широких межах – 3270–3370 кг/га [19], 1570–2860 кг/га [16], 2000–2700 кг/га [17], 2600 кг/га [18], до 2900 кг/га [19], 3106–5366 кг/га [28], 3000–3400 кг/га [22], 3052–3580 кг/га [24], 3197–7990 кг/га [23]. У Чорногірському масиві Українських Карпат встановлена кількість річного опаду становить 3100–3920 кг/га, при цьому маса опаду в похідних деревостанах знижується до 2537–2789 кг/га [15]. За іншими даними, річний опад у поясі смерекових лісів Чорногори становить 2340–5370 кг/га [13]. У поясі букових лісів Східних Карпат загалом – 3600 кг/га [24].

Річний опад у досліджених лісових екосистемах становить від 4 до 8 т/га за рік (рис. 1). Така кількість опаду співставна з величинами для хвойних (1,5–7,0 т/га) і широколистяних лісів Євразії (4,0–10,0 т/га) [11]. Найбільша частка у загальній масі опаду припадає на хвою та листя – 65–80% середньорічного надходження, частка дрібних гілок становить 20–25%, кількість інших фракцій (шишки, насіння та ін.) не перевищує кількох відсотків від загальної маси. Основна частина опаду в досліджуваних фітоценозах утворюється в період від квітня до листопада включно, що становить 65–80% від річного надходження.

Потужність підстилки, швидкість її розкладання та вивільнення хімічних елементів залежить від типу лісу, його віку, повноти деревостану, кліматичних умов, особливостей едафотопу (ґрунтові умови, водний і тепловий режим і т. д.), участі у складі деревостану, крім хвойних, листяних порід, наявності або відсутності трав'яного чи мохового покриву, кількості річного опаду.

Кількість підстилки, як і опаду, в лісових екосистемах змінюється в широких межах. Так, у бореальних лісах запаси підстилки становлять від 15 до 78 т/га [3], у хвойних лісах Євразії – 10–70 т/га [11]. В Українських Карпатах у поясі смерекових лісів Чорногори запаси підстилки становлять 10–30 т/га, в окремих угрупованнях сягаючи 50 т/га і більше [14].

За абсолютними величинами запаси підстилки в досліджених екосистемах перебувають у межах 10–25 т/га, що відповідає встановленим раніше для лісів Євразії показникам (10–70 т/га і більше) [2, 3, 11, 14]. Частка хвої та листя становить 40–60%, дрібних гілок – 30–40%, а насіння, шишки та неідентифіковані рештки (детрит) – 5–10% від загальної маси підстилки. Запаси підстилки, як і кількість річного опаду, є найвищою в угрупованнях 1, 4, 5 і найнижчою в угрупованнях 2, 3 що, очевидно, передусім пов'язано з віком лісостанів, який у першому випадку, на відміну від другого, близький до віку

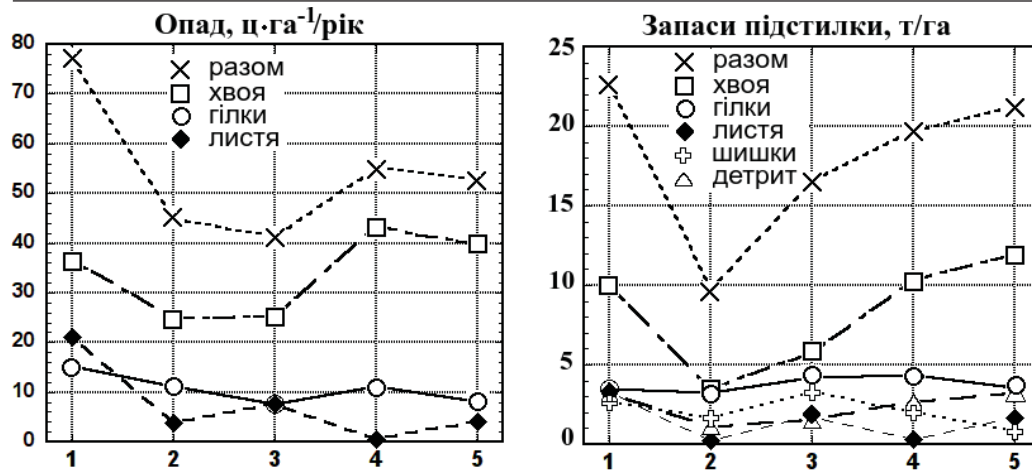


Рис. 1. Річний опад і запаси підстилки в екосистемах Стрийсько-Сянської верховини: 1 – буково-дубовий смеречник зеленуково-шорсткоожинний, вік – 50 років; 2 – буково-смеречковий яличник ліщиново-шорсткоожинно-папоротевий, вік – 110 років; 3 – ялицево-буковий смеречник мертвопокровний, вік – 30 років; 4 – ялицевий смеречник шорсткоожинний, вік – 70 років; 5 – буковий смеречник папоротево-шорсткоожинний, вік – 45 років (2010 рік).

найвищої продуктивності, й від відносної участі у деревостані смереки, яка у смеречнику мертвопокровному (площа 3) є найвища (рис. 1). Наявність у деревостані листяних порід дерев також сприяє збільшенню кількості річного опаді і запасів підстилки в угрупованнях 1, 4 (за рахунок чагарникового ярусу), 5. Загалом, встановлено, що, за винятком смеречника ялицевого мертвопокровного (площа 3), запаси підстилки змінюються пропорційно до кількості річного опаді, тобто кількість опаді корелює із запасами підстилки. Закономірно, найнижча кількість річного опаді і запасів підстилки, з огляду на вік лісостану, виявилася у найменш продуктивному умовно корінному угрупованні 110-річного яличника. Сумарна кількість досліджених зольних елементів, депонованих у підстилці й опаді (об'єм циклу) цього угруповання, є також найнижчою для досліджених екосистем. Знижений вміст зольних елементів у високобонітетних повновікових лісостанах відзначали ще Родин та Базилевич (1965). Відносно високим, незважаючи на характерне для смеречкових лісів, порівняно з ялицевими та мішаними, низьке надходження зольних елементів з опадом [10], виявився об'єм циклу елементів у 30-річному смеречнику. Особливо це стосується Zn і Cd, маса яких на 30–50% перевищує вміст у підстилці й опаді решти угруповань (рис. 2). Можливо, вирішальним став молодий вік лісостану, що призвело до інтенсивнішого накопичення хімічних елементів у фітомасі. В цілому, на основі отриманих даних про інтенсивність надходження хімічних елементів з опадом можна зробити висновок, що кальцій бере участь у кругообігу в кількості 30–50, калій – 10–20, магній – 3–8, марганець, алюміній, залізо, натрій – 0,2–1,0 кг/га за рік, стронцій, цинк – 50–200, свинець, мідь – 7–20, кадмій, кобальт – 1–8 г/га за рік відповідно. Цікаво, що за абсолютним вмістом кількості зольних елементів (Ca, Mg, K, Na, Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Cd), які надходять у досліджені угруповання з опадом, не поступаються буковим деревостанам Ойцовського Національного Парку (Ojcowski Park Narodowy) на півдні Польщі (передгір'я Карпат) [26]. Однак, як стверджують автори, виявлена там кількість макроелементів (Ca, Mg, K), що повертаються з опадом, є суттєво меншою, ніж потребують для свого розвитку букові деревостани першого бонітету (Ca-59,0 кг/га, Mg-8,5 кг/га, K-47,7 кг/га [21]). Зважаючи на те, що потреба у хімічних елементах, які

залучаються в кругообіг у хвойних і мішаних лісах, порівняно з широколистяними, є меншою [5], дефіциту досліджуваних елементів в екосистемах Стрийсько-Сянської височини, найімовірніше, немає.

Інтенсивність розкладання підстилки є важливим фактором регулювання мас хімічних елементів, що мігрують у системі біологічного кругообігу лісових екосистем. Інтенсивність кругообігу характеризують через опадо-підстилкові коефіцієнти (ОПК = [підстилка ($\text{г} \cdot \text{га}^{-1}$)]/[опад ($\text{г} \cdot \text{га}^{-1}/\text{рік}$)]). За ОПК оцінюється швидкість розкладання мертвих органічних залишків – чим вище значення цього показника, тим слабша інтенсивність біологічного кругообігу. За Л.Є. Родіним та Н.І. Базилович (1965), якщо ОПК становить 21–50 і більше, то це свідчить про застійний тип кругообігу, 6–21 – сильно загальмований, 1,6–6 – загальмований, 0,3–1,6 – інтенсивний, 0,1–0,3 – дуже інтенсивний.

На основі досліджень, проведених у Чорногорі, в поясі смерекових лісів опадо-підстилкові коефіцієнти відповідають загальмованому типу кругообігу (ОПК=2,6–6,8), однак у чисто смерекових угрупованнях цієї частини Українських Карпат запаси підстилки можуть у більш ніж 12 разів перевищувати масу річного опадів [14, 15], що відповідає сильнозагальмованому типу кругообігу.

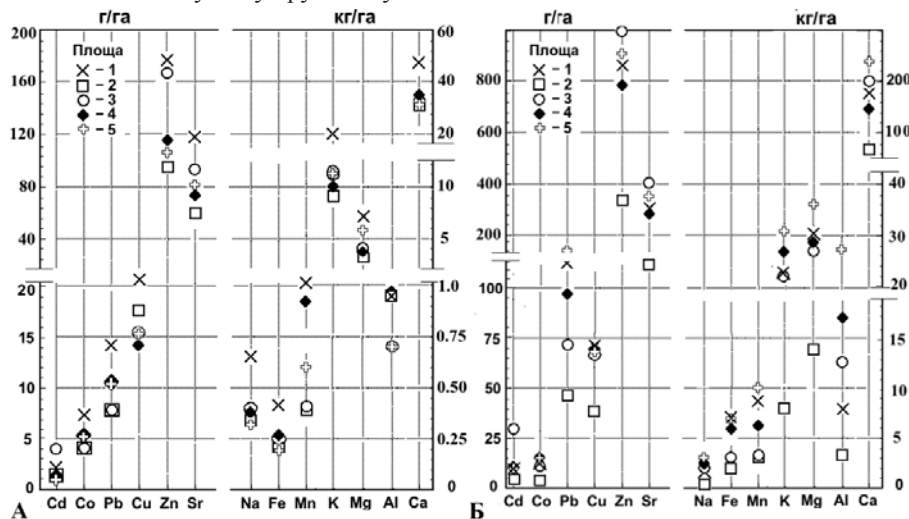


Рис. 2. Інтенсивність надходження хімічних елементів з опадом (А) та їх запаси у підстилці (Б) в екосистемах Стрийсько-Сянської Верховини. Площа: 1 – буково-дубовий смеречник зеленчуково-шорсткоожинний, вік – 50 років; 2 – буково-смерековий ялициново-шорсткоожинно-папоротевий, вік – 110 років; 3 – ялицево-буковий смеречник мертвопокровний, вік – 30 років; 4 – ялицевий смеречник шорсткоожинний, вік – 70 років; 5 – буковий смеречник папоротево-шорсткоожинний, вік – 45 років (2010 рік).

У досліджених угрупованнях показники ОПК перебувають у межах 2–4 і свідчать про загальмований рівень інтенсивності розкладання підстилки (рис. 3,А). При цьому, незважаючи на найнижчі показники річного опадів, найвищий ОПК виявився в 30-річному смеречнику, що, очевидно, зумовлено відсутністю листяних порід у його деревостані та найвищим стосовно інших угруповань розташуванням над рівнем моря. Крім того, відносне переважання в опаді та підстилці хвої також сприяло уповільненню процесів розкладання [29]. З цієї ж причини ОПК у смеречниках із високим відносним вмістом хвої в опаді та підстилці (площа 4, 5) є також вищими. Найнижчий ОПК виявився в умовно корінному ялицинку та в угрупованні буково-дубового смеречника, що, очевидно, на відміну

від трьох попередніх угруповань, пов'язано із нижчим відносним вмістом хвої смереки та наявністю в підстилці опаду дерев листяних порід, який сприяє кращому розкладанню підстилки та пришвидшенню кругообігу.

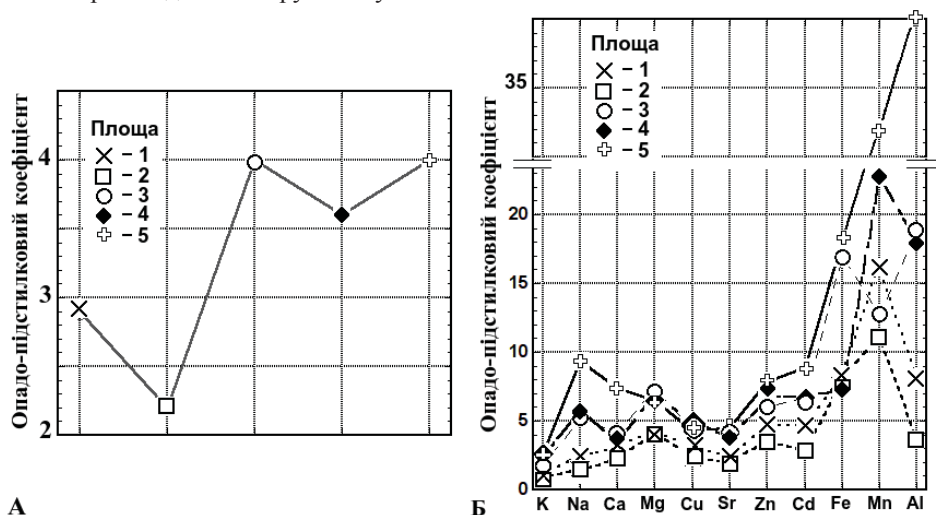


Рис. 3. А) опадо-підстилковий коефіцієнт (ОПК) ($[\text{підстилка (г}^*\text{га}^{-1})]/[\text{опад (г}^*\text{га}^{-1}/\text{рік})]$); Б) ОПК хімічних елементів у екосистемах Стрийсько-Сянської верховини: [запаси елемента у підстилці ($\text{г}^*\text{га}^{-1}$)]/[повернення елемента з опадом ($\text{г}^*\text{га}^{-1}/\text{рік}$)]; ОПК для Co – <7, для Pb – <10; площа: 1 – буково-дубовий смеречник зеленчуково-шорсткоожинний, вік – 50 років; 2 – буково-смерековий яличник ліщиново-шорсткоожинно-папоротевий, вік – 110 років; 3 – ялицево-буковий смеречник мертвопокровний, вік – 30 років; 4 – ялицевий смеречник шорсткоожинний, вік – 70 років; 5 – буковий смеречник папоротево-шорсткоожинний, вік – 45 років (2010 рік).

Опадо-підстилковий коефіцієнт застосовують також для оцінки швидкості вивільнення з відмерлих рослинних залишків хімічних елементів ($\text{ОПК} = [\text{запаси елемента у підстилці (г}^*\text{га}^{-1})]/[\text{повернення елемента з опадом (г}^*\text{га}^{-1}/\text{рік})]$). Інтенсивність кругообігу хімічних елементів у досліджених угрупованнях, на відміну від інтенсивності розкладання органічної речовини, змінюється в ширших межах (рис. 3,Б). Для більшості елементів (Na, Ca, Mg, Cu, Sr, Zn, Mg, Co, Pb), у всіх досліджених лісових екосистемах значення інтенсивності перебуває в межах, які відповідають загальному типу кругообігу; інтенсивність кругообігу K змінюється від інтенсивного (площа 1, 4, 5) до загального (площа 2, 3). Кругообіг Fe, Mn, Al повільніший і відповідає рівням інтенсивності від сильнозагального до застійного. Така різниця в інтенсивності кругообігу окремих хімічних елементів, очевидно, пов'язана із різною стійкістю й розчинністю новоутворених у процесі розкладання підстилки металорганічних комплексів. Загалом, за винятком умовно корінного яличника, ОПК хімічних елементів корелюють із ОПК органічної речовини – найвищі вони у смеречниках із високим відносним вмістом хвої в опаді та підстилці. У яличнику умовнокорінному, незважаючи на найвищу серед досліджених угруповань інтенсивність розкладання органічної речовини, інтенсивність кругообігу хімічних елементів виявилася відносно низькою. Можливо, це пов'язано з особливостями розкладання відмерлої органіки з відносним переважанням хвої ялиці, а можливо з особливостями функціонального стану блоку організмів деструкторів у корінних екосистемах загалом.

Річний опад у досліджених лісових екосистемах становить від 4 до 8 т/га за рік; частка хвої та листя у загальній масі листяного опаду – 65–80%, частка дрібних гілок – 20–25%, кількість інших фракцій (шишки, насіння та ін.) не перевищує кількох відсотків від загальної маси; основна частина опаду в досліджуваних фітоценозах утворюється в період від квітня до листопада включно, що становить 65–80% від річного надходження.

Запаси підстилки у досліджених лісостанах перебувають у межах 10–25 т/га; частка хвої та листя становить 40–60%, дрібних гілок – 30–40 і 5–10% від загальної маси підстилки – насіння, шишки та неідентифіковані рештки (детрит).

Запаси підстилки та річний опад є найвищими в угрупованнях, які перебувають у віці, близькому до віку найвищої продуктивності й де в деревостанах відносна участь листяних порід є вищою, а участь смереки нижчою (площа 1, 4, 5); найнижча кількість річного опаду і запасів підстилки, з огляду на вік лісостану, виявилася у найменш продуктивному умовно корінному угрупованні 110-річного яличника (площа 2).

Вміст досліджених зольних елементів у опаді та підстилці, за винятком смеречника мертвопокривного, пропорційний до загальної кількості річного опаду і запасів підстилки; відносно високим виявився об'єм циклу хімічних елементів у 30-річному смеречнику, найбільше це стосується Zn і Cd, маса яких на 30–50% перевищує вміст у підстилці й опаді решти угруповань.

У досліджених угрупованнях показники опадопідстилкового коефіцієнта (ОПК) ($[\text{підстилка (г*га}^{-1})]/[\text{опад (г*га}^{-1}/\text{рік})]$) перебувають у межах 2–4, що свідчить про загальмований рівень інтенсивності розкладання органічної речовини підстилки; незважаючи на найнижчі показники річного опаду, найвищий ОПК виявився в 30-річному смеречнику; найвища інтенсивність розкладання підстилки виявлена в 110-річному умовнокорінному яличнику.

Для більшості елементів (Na, Ca, Mg, Cu, Sr, Zn, Mg, Co, Pb) у всіх досліджених екосистемах значення ОПК ($\text{ОПК} = [\text{запаси елемента у підстилці (г*га}^{-1})]/[\text{повернення елемента з опадом (г*га}^{-1}/\text{рік})]$) перебуває в межах, які відповідають загальмованому типу кругообігу; інтенсивність кругообігу К змінюється від інтенсивного (площа 1, 4, 5) до загальмованого (площа 2, 3); кругообіг Fe, Mn, Al відповідає рівням інтенсивності від сильнозагальмованого до застійного; у яличнику умовнокорінному, незважаючи на найвищу серед досліджених угруповань інтенсивність розкладання органічної речовини, інтенсивність кругообігу хімічних елементів виявилася відносно низькою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Атлас почв Украинской ССР / под ред. Н.К. Крупского, Н.И. Полупана. К.: Урожай, 1979. 159 с.
2. *Базилевич Н. И.* Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии. М.: Наука, 1993. 293 с.
3. *Биенковский П., Титлянова А. А., Шибарева С. В.* Трансформационные процессы в подстилках бореальных лесов // Сиб. экол. журн. 2003. Т. 10. № 6. С. 707–713.
4. *Горшенин Н. М., Швиденко А. И.* Лесоводство. Львов: Вища школа, 1977. 304 с.
5. *Добровольский В. В.* Основы биогеохимии. М.: Изд. центр “Академия”, 2003. 342 с.
6. *Лукина Н. В., Никонов В. В.* Питательный режим лесов северной тайги: природные и техногенные аспекты. Апатиты: КНЦ РАН, 1998. 316 с.
7. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами. М.: Гидрометеиздат, 1981. 70 с.

8. *Никитин Б. А.* Определение содержания гумуса в почве // *Агрохимия*. 1972. Т. 3. С. 123–125.
9. *Протопопов В. В.* Средообразующая роль темнохвойного леса. Новосибирск: Наука, 1975. 327 с.
10. *Родин Л. Е., Ремезов Н. П., Базилевич Н. И.* Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах. М.: Наука, 1967. 145 с.
11. *Родин Л. Е., Базилевич Н. И.* Динамика органического вещества и биологический круговорот зольных элементов и азота в основных типах растительности Земного шара. М.: Наука, 1965. 264 с.
12. *Украинские Карпаты*. К.: Наукова думка, 1988. 208 с.
13. *Чернобай Ю. Н.* Подстилка и некоторые вопросы ее биогеоэкологической роли в лесах Черногоры (Украинские Карпаты): автореф. дис. ... канд. биол. наук. Днепропетровск, 1978. 25 с.
14. *Чернобай Ю. М.* Трансформація рослинного детриту в природних екосистемах. Львів: ДПМ НАН України, 2000. 352 с.
15. *Шпильчак М. Б.* Еловые леса Черногоры (Восточные Карпаты), повышение их устойчивости и продуктивности: дисс. ... канд. с. х. наук. Харьков, 1984. 347 с.
16. *Bonnevie-Svedsen C., Gielms D.* Amount and chemical composition of the litter from larch, beech, Norway spruce and Scots pine stands and its effect upon the soil // *Medd. Norske Skogsfors*, 1957. Ves. 48. P. 111–174.
17. *Chalupa V.* Príspevek k poznání listové produkce bukových a dubnových porostu. *Prace Výzk. Ústavu Lesn. CSSR*. 1961. T. 23. S. 35–62.
18. *Donov V.* Über die Menge des Abfalls in den Buchen, Äspen und Heimbuchenbeständen. *Naucni Trud. Vissn Lesotekh. Inst.* 1964. T. 12. P. 33–40.
19. *Myczkowski S.* Skład florystyczny, struktura i produktywność roślinności drzewiastej płatu Fagetum carpathicum. *Zakład Ochrony Przyrody PAN, Kraków*, 1967. S. 61–93.
20. *Ebermayer E.* Die gesamte Lehre von der Waldstreu. Berlin, 1876.
21. *Ehwald E.* Ueber den Nährstoffkreislauf des Waldes // *Deutsch. Akad. Landwirtschaftswissenschaften*. 1961. Vol. 6. S. 1–56.
22. *Heller H.* Estimation of biomass of forests // *Ellenberg H. Integrated Experimental Ecology*. Berlin: Springer, 1971. P. 45–47.
23. *Kowalkowski A., Józwiak M.* Dynamika masy opadu organicznego w latach 1994–2002 w dwóch drzewostanach górskiej kwaśnej buczyny na głównym masywie Lysogór // *Regionalny Monitoring Środowiska Przyrodniczego*, 2003. T 4. S. 79–98.
24. *Kozak I.* Biomass of forest and meadow in the Eastern Carpathians // *Ekologia*, 2000. Vol 19 (1). P. 23–26.
25. *Małek S.* Structura i dynamika opadu organicznego w drzewostanie bukowym na powierzchni monitoringowej w Ojcowskim Parku Narodowym w latach 1995–2000 // *Leśne prace badawcze*, 2006. T 3. S. 71–82.
26. *Małek S., Wężyk P., Nowak W.* Analiza ilościowa i jakościowa opadu organicznego drzewostanów bukowych na powierzchniach doświadczalnych w Ojcowskim Parku Narodowym i Leśnym Zakładzie Doświadczalnym w Krynicy, w latach 1997-1998 // *Małek S., Wężyk P.* Monitorowanie procesów zachodzących w drzewostanach bukowych w zmieniających się warunkach środowiska przyrodniczego, na przykładzie Ojcowskiego Parku Narodowego i Leśnego Zakładu Doświadczalnego w Krynicy. Katedra Ekologii Lasu Akademii Rolniczej w Krakowie oraz Popradzki Park Krajobrazowy, 2000. S. 93–112.
27. *Meentmeyer V., Box E., Thompson R.* World patterns and amounts of terrestrial plant litter production // *BioScience*. 1982. Vol. 32. P. 125–128.
28. *Nielsen B. O.* Seasonal and annual variation in litter fall in a beech stand 1967–75 // *Forst. Forsogsvaesen i Danmark*. 1977. Vol. 35. P. 15–38.

29. Niewinna M. Wielkość opadu i tempo rozkładu ściółki w wybranych drzewostanach Bieszczadów // Roczniki Bieszczadzkie. 2010. T. 18. S. 59–73.
30. Sizer N. C., Tanner E. V. J., Kossman Ferraz I. D. Edge effects on litterfall mass and nutrient concentrations in forest fragments in central Amazonia // J. Tropical Ecol. 2000. T. 16. S. 853–863.

Стаття: надійшла до редакції 25.12.12

доопрацьована 09.04.13

прийнята до друку 24.04.13

THE AMOUNT AND METALS CONTENT OF LITTER AND LITTERFALL IN FOREST ECOSYSTEMS OF THE STRYY-SIAN EMINENCE (UKRAINIAN CARPATHIANS)

V. Rozhak, V. Kozlovskyy

*Institute of Ecology of the Carpathians, NAS of Ukraine
4, Kozelnytska St., Lviv 79026, Ukraine
e-mail: vkozlovskyy@gmail.com*

The amount of litter (1.0–2.5 t/ha) and litterfall (0.4–0.8 t/ha) of studied forest stands is in the same range as the Europe forests. The litter and litterfall element content is proportional to whole amount of litter and litterfall, except 30 year old spruce stand, where nutrient content is relatively higher. Litter turnover rates of investigated ecosystems are in range 2–4 for organic matter, 2–10 for Na, Ca, Mg, Cu, Sr, Zn, Mg, Co, Pb, 0.9–2.5 for K, 8–18 for Fe, 12–32 for Mn and 4–40 for Al.

Keywords: litter, litterfall, litter turnover rate, chemical elements.

ЗАПАСЫ И ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ПОДСТИЛКИ И ОПАДА В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ СТРЫЙСКО-СЯНСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ (УКРАИНСКИЕ КАРПАТЫ)

В. Рожак, В. Козловский

*Институт экологии Карпат НАН Украины
ул. Козельницкая, 4, Львов 79026, Украина
e-mail: vkozlovskyy@gmail.com*

Годовой опад (4–8 ц/га) и запасы подстилки (10–25 ц/га) в исследованных экосистемах сопоставимы со значениями, характерными для лесов Европы. Содержание зольных элементов в опаде и подстилке пропорционально общему количеству опада и запасов подстилки, за исключением 30-летнего ельника, где объем цикла химических элементов относительно выше. Показатели опадоподстилочного коэффициента (ОПК) находятся в пределах 2–4, что соответствует заторможенному уровню интенсивности разложения подстилки. Для большинства элементов (Na, Ca, Mg, Cu, Sr, Zn, Mg, Co, Pb) значения ОПК находятся в пределах, соответствующих заторможенному типу круговорота; круговорот К меняется от интенсивного до заторможенного, Fe, Mn, Al – от сильнозаторможенного до застойного.

Ключевые слова: подстилка, опад, интенсивность круговорота, зольные элементы.