

УДК 574.45:631.4

І. М. ШПАКІВСЬКА, О. Г. МАРИСКЕВИЧ *
ОЦІНКА ЗАПАСІВ ОРГАНІЧНОГО ВУГЛЕЦЮ
В ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМАХ СХІДНИХ БЕСКИДІВ

Інститут екології Карпат НАН України

Проведено оцінку запасів органічного вуглецю ($C_{\text{орг}}$) в основних резервуарах (надземна і підземна фітомаса, стовбуровий фітодетрит, підстилка і ґрунт) лісових екосистем Східних Бескидів. Установлено, що щільність запасів $C_{\text{орг}}$ у лісових екосистемах становить 128 – 147 т $C\text{га}^{-1}$. Із загального запасу $C_{\text{орг}}$ 54,2 % припадають на фітомасу деревостану, 41,4 – ґрунтовий профіль до глибини 50 см, 2,5 – підстилку, 1,1 – піднаметову рослинність і 0,8 % – стовбуровий фітодетрит.

К л ю ч о в і с л о в а : лісові екосистеми, резервуари, органічний вуглець, Східні Бескиди.

Біосферна роль лісових екосистем полягає у стабілізації атмосферного CO_2 та визначається складом органічної речовини, що акумульована в окремих блоках: фітомасі, фітодетриті та гумусі ґрунту. Серед наземних екосистем провідна роль у CO_2 -газообміні належить лісовим екосистемам, а депонування вуглецю в деревних рослинах може пом'якшувати наслідки парникового ефекту [15]. Вирубування лісів, а також їх трансформація в аграрні екосистеми призводять до змін у обмінних процесах у системі атмосфера ↔ рослинний покрив ↔ ґрунти та впливають на баланс вуглецю як на регіональному, так і національному рівнях [8, 13]. Регіональні зміни клімату відбуваються і в Україні – середньорічна температура повітря на більшій частині території країни зросла на 0,5 – 1,0 °С, збільшилася річна сума опадів, насамперед у зимовий і весняний періоди, частіше повторюються стихійні гідрометеорологічні явища [6]. З огляду на це, актуальним є встановлення величин депонування органічного вуглецю в лісових екосистемах карпатського регіону, де на площі 24 тис км^2 , що становить лише 7,4 % країни, зосереджено 20 % її лісового фонду [10].

Сучасна методологія оцінювання балансу вуглецю для територіальних одиниць базується на трактуванні його як складної, відкритої, слабоорганізованої системи, що формується за рахунок стохастичних нестационарних процесів. Вона потребує послідовної реалізації системного підходу щодо встановлення запасів вуглецю в основних резервуарах екосистеми (фітомаса, фітодетрит, органічна речовина ґрунтів тощо) та розрахунку величин потоків вуглецю між ними й атмо-, гідро- і літосферою. Першим етапом такого оцінювання було встановлення запасів органічного вуглецю в наземних екосистемах Східних Бескидів в адміністративних межах Сколівського й Турківського районів Львівської області, а також потенційних можливостей накопичення органічного вуглецю в первинному біогеоценотичному покриві регіону. Для цього було сформовано інформаційну базу з даних інвентаризації лісового фонду та земельного фонду, а також низки даних державної статистичної звітності за секторами лісового та сільського господарства. Для просторового оцінювання запасів органічного вуглецю в лісових екосистемах було вибрано 7 полігонів, які репрезентують основні ландшафти досліджуваної території і локалізовані у різних частинах Турківського та Сколівського районів (Яблунецьке, Либохорівське, Підгородцівське, Майданське, Корчинське лісництва державної та Волосянківське і Росохацьке лісництва комунальної форм власності). Підгородцівське та Корчинське лісництва приурочені до низькогірно-бескидського, Майданське та Росохацьке – середньогірно-бескидського, Волосянківське, Либохорівське й Яблунецьке – вододільно-верховинського ландшафтних районів [7]. Таким чином, було використано екосистемно-ландшафтний спосіб узагальнення просторової інформації, як один із методологічних підходів, що дає змогу отримувати інтегральні результати з урахуванням впливу конкретних ландшафтів на внутрішньоекосистемні процеси [11]. Базовою одиницею для розрахунку запасу вуглецю в лісових екосистемах територіально-просторових одиниць взято лісотаксаційний виділ із урахуванням його

* © І. М. Шпаківська, О. Г. Марискевич, 2009

особливостей, а саме: площі, породного складу деревостану, віку, бонітету, повноти, запасу стовбурової деревини, породного складу підліску, кількості особин підросту, запасу сухостійних дерев, захаращеності. Дані, розраховані для виділів, узагальнювали для окремих лісництв. Такий метод розрахунку запасів вуглецю за принципом збору та агрегації інформації має назву "знизу вгору", є більш трудомістким і дає змогу отримувати точніші результати, ніж метод "зверху вниз" із використанням узагальнених даних для окремих лісогосподарських підприємств [1]. Запаси органічного вуглецю розраховували для різних компонентів лісових екосистем: живої й відмерлої надземної та підземної фітомаси деревного ярусу, піднаметової рослинності (підросту, підліску й живого надґрунтового покриву), підстилки і ґрунту до глибини 50 см з використанням відповідних конверсійних коефіцієнтів для окремих фракцій живої фітомаси (листя [хвоя], гілки, стовбури, корені) та інших компонентів [1, 5, 18, 27].

Установлено, що в лісових екосистемах вибраних полігонів у Сколівському та Турківському районах депоновано в середньому $149,1 \text{ т С га}^{-1}$, найбільше в Майданському районі – $200,0$, з яких найменше – в Росохацькому лісництві – $94,3 \text{ т С га}^{-1}$ (табл. 1). Із загальної величини депонованого вуглецю, на фітомасу припадає $93,0 \text{ т С га}^{-1}$ (деревостан – $91,4$, а піднаметову рослинність – $1,6 \text{ т С га}^{-1}$), стовбуровий фітодетрит – $2,8$, підстилку – $4,3$ та ґрунт – $49,1 \text{ т С га}^{-1}$. У лісництвах комунальної форми власності на одиницю площі накопичено в $1,2 - 1,8$ рази менше органічного вуглецю, ніж у лісництвах державної форми власності. Загалом, коефіцієнти варіації отриманих показників становили $20 - 34 \%$, найбільша варіабельність характерна для запасів вуглецю піднаметової рослинності, найменша – для ґрунту. Тобто, отримані дані можуть використовуватися як базові для їхньої екстраполяції на більші територіальні одиниці з подібними ґрунтово-кліматичними особливостями [4].

Таблиця 1

Щільність запасів вуглецю в основних резервуарах лісових екосистем у лісництвах Турківського та Сколівського районів Львівської області, $\text{т С}_{\text{орг}} \cdot \text{га}^{-1}$

Назви лісництв	Фітомаса	Стовбуровий фітодетрит	Підстилка	Ґрунт (0 – 50 см)	Загальний запас
Волосянківське	95,1	0,5	4,0	36,6	137,1
Росохацьке	50,2	2,5	2,9	37,7	94,3
Яблунецьке	84,0	0,9	6,4	62,0	154,3
Підгородцівське	71,3	6,3	4,0	54,3	137,7
Майданське	132,0	7,9	4,4	53,5	200,0
Корчинське	99,1	0,6	4,3	55,4	161,3
Либохорівське	108,0	0,9	4,0	44,1	159,0
Середнє значення	91,4	2,8	4,3	49,1	149,1
Коефіцієнт варіації, %	26,7	100,7	22,8	18,2	19,9

Значення коефіцієнта варіації запасів вуглецю у стовбуровому фітодетриті понад 100% пов'язане з тим, що при проведенні лісової таксації запаси детриту визначають лише в місцях його значного накопичення або ігнорують. Це подекуди істотно занижує запаси фітодетриту. За даними Львівського обласного управління лісового та мисливського господарства, у вторинних смеречниках, що становлять 76% смерекових лісів карпатського регіону [3], накопичується від 51 до $101 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ лише стовбурового фітодетриту, тоді як природний відпад у темнохвойних лісах не перевищує $5 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$.

Для розрахунку запасів вуглецю в лісових екосистемах сучасного лісового покриву Турківського та Сколівського районів було проаналізовано близько $5,5$ тис. окремих лісотаксаційних виділів загальною площею ≈ 25 тис. га. Дані щодо запасів органічного вуглецю було згруповано за віковими групами переважаючих деревних порід, оскільки лише такий підхід враховує вплив вікового критерію на точність регіональних оцінок запасів $\text{С}_{\text{орг}}$ лісових екосистем, які водночас залежать від розподілу на групи віку деревостанів, що формують лісовий фонд досліджуваної території [9, 16]. Виявлено, що середня щільність

запасів органічного вуглецю в лісових екосистемах досліджуваної території становить 128,7 т $C_{орг}$ га⁻¹, стиглі та перестійні ліси накопичують в 1,4 – 3,8 рази більше органічного вуглецю, ніж молодняки. Найбільші запаси $C_{орг}$ акумулюють чисті букові ліси, а найменші – сіривільхові [12]. Загалом, із загального запасу органічного вуглецю 54,2 % припадає на живу фітомасу деревного ярусу, 41,4 – на ґрунтовий профіль до глибини 50 см, 2,5 – лісову підстилку, 1,1 – піднаметову рослинність і 0,8 % – на стовбуровий фітодетрит.

На підставі отриманих результатів і структури сучасного біогеоценотичного покриву [2] розраховано запаси органічного вуглецю в лісових екосистемах Сколівського й Турківського районів. Установлено, що актуальний запас органічного вуглецю лісових екосистем Сколівського району становить $14041 \cdot 10^3$ т $C_{орг}$, а Турківського – $7233 \cdot 10^3$ т $C_{орг}$ (табл. 2).

Таблиця 2

Запаси органічного вуглецю в наземних екосистемах сучасного біогеоценотичного покриву Сколівського й Турківського районів Львівської області

Лісові екосистеми	Сколівський			Турківський		
	площа, га	щільність запасів $C_{орг}$, т·га ⁻¹	запас $C_{орг}$, т·10 ³	площа, га	щільність запасів $C_{орг}$, т·га ⁻¹	запас $C_{орг}$, т·10 ³
Чисті ялинові	30610	128	3922	16273	110	1782
Мішані ялинові	27762	124	3455	15767	112	1764
Чисті букові	7363	216	1590	2922	204	597
Мішані букові	18770	200	3763	6694	198	1326
Чисті ялицеві	143	175	25	1150	143	164
Мішані ялицеві	5188	155	806	8394	144	1208
Інші ліси	5601	86	480	5517	71	392
Разом	95437	147	14041	56717	128	7233
Рідколісся, чагарники	2651	83	221	7717	83	643

Для оцінювання потенційної вуглецевої ємності території за показником депонування органічного вуглецю було розраховано запаси $C_{орг}$ у первинному біогеоценотичному покриві Сколівського та Турківського районів. Щільність запасів вуглецю в лісових екосистемах Сколівського району могла становити в середньому 330,1, а Турківського – 324,3 т $C_{орг}$ га⁻¹. Найбільші потенційні запаси $C_{орг}$ приурочені до буково-дубових лісів, а найменші – до буково-ялицевих та ялицево-буково-ялинових (табл. 3).

Таблиця 3

Запаси органічного вуглецю в лісових екосистемах корінного біогеоценотичного покриву Сколівського й Турківського районів Львівської області

Лісові екосистеми	Сколівський			Турківський		
	площа, га	щільність запасів $C_{орг}$, т·га ⁻¹	запас $C_{орг}$, т·10 ³	площа, га	щільність запасів $C_{орг}$, т·га ⁻¹	запас $C_{орг}$, т·10 ³
Буково-ялицеві	1061	262,2	278	59385	262,2	15571
Ялицево-букові	5521	341,7	1887	3282	341,7	1121
Смереково-ялицево-букові	26850	317,6	8528	34885	317,6	11079
Смереково-буково-ялицеві	0	–	–	2630	300,3	790
Ялицево-смереково-букові	8915	371,5	3312	1816	371,5	675
Яворово-букові	7002	367,9	2576	499	367,9	184
Чисті букові та грабово-букові	22617	316,9	7167	0	–	–
Смереково-букові	0	–	0	6235	341,7	2131
Чисті букові	0	–	0	3010	317,9	957
Буково-дубові	612	407,5	249	0	–	0
Дубово-буково-ялицеві	0	–	–	334	361,5	121
Ялицево-буково-смерекові	15260	266,5	4067	1235	266,5	329
Ялицево-смереково-букові у поєднанні з ялицево-буково-смерековими	58221	319,0	18572	4808	319,0	1534
Разом	146059	–	46636	118119	–	34492

Висновки та пропозиції. Антропогенна трансформація території Східних Бескидів призвела до істотного зменшення загальних запасів органічного вуглецю в лісових екосистемах. Середня щільність запасів $C_{\text{орг}}$ у фітомасі зменшилася в 5,1, у підстилці – в 1,5, в ґрунтах – лише в 1,2 рази. Тобто, основні втрати органічного вуглецю відбулися внаслідок зміни породного складу та вікової структури лісів, а також деградаційних процесів у ґрунтах, передовсім площинної ерозії за рахунок ведення лісового господарства.

З огляду на отримані результати вважаємо, що основні заходи для стабілізації та збільшення актуальних запасів органічного вуглецю в наземних екосистемах гірських регіонів мають бути спрямовані на реконструкцію лісових екосистем у напрямку наближення їх породного складу до структури первинного лісового покриву, що відповідає принципам сталого управління лісовими ресурсами, передбаченим ст. 7 Карпатської конвенції [14].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Букша І. Ф., Пастернак В. П. Інвентаризація та моніторинг парникових газів у лісовому господарстві. – Харків: вид-во ХНАУ, 2005. – 125 с.
2. Голубець М. А., Гнатів П. С., Крок Б. О. Рослинний покрив // Концептуальні засади сталого розвитку гірського регіону. – Львів: Поллі, 2007. – С. 85 – 93.
3. Колосок О. М. Первинна-нетто продукція надземної частини дерев смереки та депонований у ній вуглець // Науковий вісник НАУ. – 2000. – Вип. 29. – С. 280 – 284.
4. Круглов І. Ландшафт як геосистема // Вісник Львів. ун-ту. Серія географічна, 2006. – Вип. 33. – С. 186 – 193.
5. Лакида П. І. Фітомаса лісів України. – Тернопіль: Збруч, 2001. – 265 с.
6. Літинський В. М., Палієнко В. П., Руденко Л. Г. Проблеми глобальних змін природного середовища та регіональні аспекти ризику небезпечних процесів // Український географічний журнал. – № 4. – 1999. – С.3 – 6.
7. Природа Львівської області / За ред. проф. К. І. Геренчука. – Львів: Вид-во Львів.ун-ту, 1972. – 150 с.
8. Титлянова А. А., Кудряшова С. Я., Якутин М. В., Булавко Г. И., Миронычева-Токарева Н. П. Запасы углерода в растительном веществе и микробной массе в экосистемах Сибири // Почвоведение. – 2001. – № 8. – С. 942 – 954.
9. Уткин А. И., Замолодчиков Д. Г., Сухих В. И. Влияние возрастного критерия лесных насаждений на точность региональных оценок запасов и депонирования углерода в фитомассе лесов // Экология, 1999. – № 4. – С. 243 – 250.
10. Фурдичко О. І. Карпатські ліси: проблеми екологічної безпеки і сталого розвитку гірського регіону. – Львів: Біблос, 2002. – 192 с.
11. Швиденко А. З., Ваганов Е. А., Нильссон С. Биосферная роль лесов России на старте тысячелетия: углеродный бюджет и Протокол Киото // Сибирский экологический журнал. – 2003. – № 6. – С. 649 – 658.
12. Шпаківська І. М., Марискевич О. Г. Вплив породного та вікового складу лісових насаджень на регіональні оцінки запасів вуглецю (на прикладі Східних Бескидів) // Лісове та мисливське господарство: сучасний стан та перспективи розвитку. – Житомир: Рута, 2007. – С. 144 – 148.
13. Шугалей Л. С., Чупрова В. В. Запасы углерода в блоках естественных и антропогенно-нарушенных лесных экосистем и его баланс // Сибирский экологический журнал. – № 5. – 2003. – С. 545 – 555.
14. Heightened Perspective. Regional Assessment of the Policy, Legislative and Institutional Frameworks Implementing the Carpathian Convention. – Budapest: REC for Central and Eastern Europe, 2008. – 144 p.
15. Isaev A., Korovin G., Zamolodchikov D., Utkin A., Pryanikov A. Carbon stock and deposition in phytomass of the Russian forests // Water, Air and Soil Pollution. – 1995. – № 2. – P. 247 – 256.
16. Kurz W. A., Apps M. J. A 70-year retrospective analysis of carbon fluxes in the Canadian forest sector // Ecological Application. – 1999. – Vol. 9, № 2. – P. 526 – 547.
17. Lakida P., Nilsson S., Shvidenko A. Forest phytomass and carbon in European Russia // Biomass and Bioenergy. – 1997. – Vol. 12, № 2. – P. 91 – 99.
18. Nilson S., Shvidenko A., Stolbovoi V., Gluck M., Jonas M., Obersteiner M. Full carbon account for Russia // Interim Report IR-00-021. International Institute for Applied Systems Analysis, 2000. – 52 p.

Shpakivska I. M., Maryshevych O. G.

ESTIMATION THE RESERVES OF ORGANIC CARBON IN THE FOREST ECOSYSTEMS OF EASTERN BESKYDY

Institute of Ecology of the Carpathians of NAS of Ukraine

Estimation of reserves of organic carbon ($C_{\text{орг}}$) was carried out in the basic reservoirs (above-ground and underground phytomass, dead wood, litter and soil) of forest ecosystems of East Beskydy. It was shown that the density of $C_{\text{орг}}$ of forest ecosystems is 128 – 147 t C ha⁻¹. From the total reservoir of $C_{\text{орг}}$ 54,2 % is the phytomass of forest

stand, 41,4 % – soil organic matter to the depth 50 cm, 2,5 % – litter, 1,1 % – undergrowth, regrowth and living soil cover, 0,8 % – debris and dead standing trees.

K e y w o r d s : forest ecosystems, reservoirs, organic carbon, East Beskydy.

Шпакивская И. М., Марискевич О. Г.

ОЦЕНКА ЗАПАСОВ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ВОСТОЧНЫХ БЕСКИДОВ

Институт экологии Карпат НАН Украины

Проведена оценка запасов органического углерода ($C_{\text{орг}}$) в основных резервуарах (надземная и поземная фитомасса, стволовой фитодетрит, подстилка и почва) лесных экосистем Восточных Бескидов. Установлено, что плотность запасов $C_{\text{орг}}$ в лесных экосистемах составляет 128 – 147 т С га⁻¹. Из общего запаса $C_{\text{орг}}$ 54,2 % составляет фитомасса древостоя, 41,4 – почвенный профиль до глубины 50 см, 2,5 – подстилка, 1,1 – подпологовая растительность и 0,8 % – стволовой фитодетрит.

К л ю ч е в ы е с л о в а : лесные экосистемы, резервуары, органический углерод, Восточные Бескиды.

79026 м. Львів, вул. Козельницька, 4.

e-mail: soil_eco@ukr.net

Одержано редколегією 12.12.2008 р.