

## **ВІДГУК**

**офіційного опонента на дисертаційну роботу Дмитра ЛЕЛЕКИ «Акумуляція органічного Карбону у старовікових лісах Вододільно-Верховинського хребта (Українські Карпати)»,  
подану на здобуття ступеня доктора філософії  
за спеціальністю 101 Екологія, галузь знань 10 Природничі науки**

В умовах сучасних кліматичних змін оцінювання здатності лісових екосистем акумулювати та тривало утримувати органічний Карбон належить до актуальних напрямів екологічних та лісівничих досліджень. Особливе значення в цьому контексті мають старовікові природні ліси, які характеризуються складною віковою та просторовою структурою деревостанів, значною часткою старовікових дерев, наявністю сухостою і грубих деревних залишків різних стадій розкладу, а також тривалим формуванням ґрунтового органічного резервуару.

Для Українських Карпат проблема має додаткове значення, оскільки природні та близькі до природних старовікові ліси збереглися фрагментарно, а їхня структура та функціонування істотно відрізняються від експлуатаційних лісів. Добре збережені природні лісостани можуть розглядатися як важливі референтні об'єкти для оцінювання природної динаміки лісових екосистем, формування запасів фітомаси, мортмаси і ґрунтової органічної речовини.

Дисертаційна робота Д. Ю. Лелеки присвячена комплексному оцінюванню запасів органічного Карбону у фітомасі, грубих деревних залишках, лісовій підстилці та ґрунтовому профілі старовікових лісів Вододільно-Верховинського хребта. Польові дослідження виконано на 26 ділянках у природних старовікових лісах та деревостанах, які за структурними характеристиками можуть наближаються до старовікових.

Актуальність роботи визначається також недостатньою кількістю комплексних досліджень старовікових лісів цього регіону, в яких запаси органічного Карбону оцінювалися б одночасно в усіх основних структурних компонентах лісової екосистеми.

### **Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій**

Дисертаційна робота має логічну структуру, яка відповідає поставленій меті та завданням. Автор послідовно переходить від аналізу сучасних уявлень про роль лісових екосистем у глобальному циклі Карбону до характеристики природних умов району досліджень, методичних підходів, оцінювання запасів Карбону в окремих компонентах екосистем та узагальнення встановлених закономірностей.

У **першому розділі** розглянуто сучасний стан досліджень процесів депонування органічного Карбону лісовими екосистемами різних регіонів. Автор аналізує роль лісів у глобальному та регіональному вуглецевому циклі, особливості формування запасів Карбону у фітомасі, деревному детриті, лісовій підстилці та ґрунтах. Окрему увагу приділено стану досліджень ролі гірських лісових екосистем у контролі рівня CO<sub>2</sub>.

З огляду літератури підкреслено, що сучасними дослідженнями старовіковий ліс розглядається не лише як деревостан певного віку, а як структурно складна екосистема, в якій живі та відмерлі компоненти деревної рослинності виконують важливі екосистемні функції. Саме це визначає

особливості перерозподілу органічного Карбону між фітомасою, грубими деревними залишками, підстилкою та ґрунтом, а отже загалом акумуляцію органічного Карбону саме лісовою екосистемою.

У **другому розділі** подано характеристику природних умов формування старовікових лісових екосистем Вододільно-Верховинського хребта. Розглянуто фізико-географічні, кліматичні, ґрунтові та рослинні особливості території. Такий аналіз є необхідним для подальшого трактування відмінностей між дослідними ділянками.

Важливим є те, що територія досліджень охоплює північний і південний макросхили, оскільки експозиційні, кліматичні та ґрунтові відмінності потенційно впливають на продуктивність деревостанів, темпи розкладу органічної речовини та формування вуглецевих резервуарів.

У **третьому розділі** детально описано об'єкти та методи дослідження. Достатньо репрезентативною для регіонального дослідження є мережа з 26 дослідних ділянок. Комплекс використаних методів включає лісівничо-таксаційні, польові, лабораторні, картографічні та статистичні підходи. Це дозволило оцінити основні компоненти загального запасу органічного Карбону в лісових екосистемах.

Для лісівничої оцінки роботи важливим є використання таксаційних характеристик деревостанів при визначенні запасів Карбону у фітомасі. У старовікових лісах такі характеристики мають особливе значення через значну варіабельність діаметрів, висот, віку та запасу деревини.

Методика дослідження грубих деревних залишків також має істотне значення, оскільки наявність сухостійних стоячих і лежачих дерев є однією з характерних структурних ознак природних лісів. Водночас запас мортмаси на конкретній ділянці відображає історію локальних порушень, відпаду дерев і темпи розкладу деревини, яку не завжди можна оцінити впродовж польових досліджень.

Основний фактичний матеріал представлено у **четвертому розділі** дисертації. За результатами дослідження запаси органічного Карбону у фітомасі становили в середньому  $179,79 \pm 94,40 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$  і змінювалися в широких межах від 33,01 до  $374,29 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ . На південному макросхилі їх середнє значення становило  $241,78 \pm 85,44 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ , на північному  $103,97 \pm 45,60 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ . Встановлено також суттєвий позитивний зв'язок сумарних запасів органічного Карбону з віком деревостанів.

З лісівничої точки зору такі результати є закономірними і водночас важливими. Формування значних запасів Карбону у фітомасі старовікового лісу відображає тривалий процес накопичення деревної маси та збереження у складі деревостанів великорозмірних старих дерев. Саме вони формують значну частину запасу стовбурної деревини і відповідно органічного Карбону.

Окремий підрозділ присвячено грубим деревним залишкам. Запаси органічного Карбону в цьому компоненті змінювалися від 0,86 до  $85,60 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ , а середнє значення становило  $26,12 \pm 27,38 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ . Статистично значущих відмінностей між макросхилами не встановлено.

На мою думку, саме надзвичайно широкий діапазон запасів грубих деревних залишків є одним із цікавих результатів роботи. Він добре відповідає природі старовікового лісу. Накопичення мортмаси має імпульсний характер і залежить від локального відпаду дерев, вітровалів, буреломів, пошкодження дерев та подальших темпів деструкції деревини. Тому відсутність чіткої різниці

між макросхилами не зменшує значення цього результату. Навпаки, він показує, що запас грубих деревних залишків значною мірою визначається локальною історією конкретної ділянки.

Запаси органічного Карбону в лісовій підстилці становили 2,85-10,59 т·га<sup>-1</sup> при середньому значенні  $6,75 \pm 1,82$  т·га<sup>-1</sup>. Грунтовий резервуар характеризувався запасами 20,22-65,86 т·га<sup>-1</sup>, у середньому  $33,93 \pm 9,36$  т·га<sup>-1</sup>.

Загалом отримані результати дозволили автору перейти від оцінки окремих компонентів до характеристики загальної вуглецевої ємності досліджених екосистем. Сумарні запаси органічного Карбону змінювалися від 65,83 до 468,01 т·га<sup>-1</sup>, середнє значення становило 232,36 т·га<sup>-1</sup>. Для південного макросхилу встановлено 303,10 т·га<sup>-1</sup>, для північного 161,43 т·га<sup>-1</sup>.

Такий широкий діапазон ще раз підкреслює, що старовікові ліси не слід характеризувати одним усередненим значенням, вони потребують довготермінових досліджень, особливо зважаючи на сучасні кліматичні зміни.

У **п'ятому розділі** автор узагальнює отримані результати та зіставляє їх із результатами інших досліджень, які проводилися в Карпатському регіоні.

Тому позитивно оцінюю намагання автора розглядати власні результати не ізольовано, а в контексті даних для інших територій Українських, Польських, Словацьких і Румунських Карпат. Такі порівняння дозволяють визначити місце досліджених лісів Вододільно-Верховинського хребта у ширшому регіональному контексті.

Разом із тим при порівнянні запасів Карбону у старовікових лісах різних регіонів важливо враховувати не лише географічне положення, а й породний склад, тип лісорослинних умов, висотне положення, запас деревини, вікову та просторову структуру насаджень і використані авторами методики розрахунку.

### **Наукова новизна та практичне значення**

Наукова новизна роботи полягає у комплексній оцінці запасів органічного Карбону в основних компонентах старовікових лісових екосистем Вододільно-Верховинського хребта та встановленні закономірностей їх просторового розподілу.

З лісівничої точки зору вагомими є результати щодо зв'язку запасів Карбону з віком та структурою деревостанів, кількісною оцінкою внеску живої фітомаси та грубих деревних залишків, а також встановленої її значної просторової мінливості.

**Практичне значення** дисертації пов'язане насамперед із можливістю використання старовікових природних лісів як референтних екосистем для оцінювання структурно-функціонального стану господарських лісів і потенціалу акумуляції органічного Карбону. Автор також обґрунтовує можливість використання одержаних результатів для регіональних оцінок вуглецевого балансу, природоохоронного планування та вдосконалення підходів до сталого лісокористування. Особливо важливим є висновок про необхідність збереження не лише площі старовікових лісів, а й властивої їм структури. Збереження великорозмірних дерев, сухостою, поваленої деревини та природної мозаїки деревостану має значення як для підтримання біорізноманіття, так і для тривалого функціонування вуглецевих резервуарів.

**Повнота опублікування результатів.** Основні результати дисертаційного дослідження представлені у наукових публікаціях здобувача та матеріалах наукових конференцій. Безпосередньо результати оцінювання запасів органічного Карбону та характеристика окремих компонентів досліджених лісових екосистем висвітлені у фахових виданнях України та апробаційних публікаціях.

Окремо слід відзначити наявність у здобувача публікацій у виданнях, що індексуються у міжнародних наукометричних базах Scopus та Web of Science. Однак тематика частини цих праць безпосередньо не відтворює результати дисертаційного дослідження запасів Карбону.

Загалом представлені публікації та апробація результатів дозволяють вважати основні положення дисертаційної роботи достатньо висвітленими.

### **Зауваження та дискусійні положення**

Позитивно оцінюючи виконану роботу, вважаю за необхідне висловити зауваження та побажання.

1. У розділі 1 доцільно було б дещо ширше представити сучасні погляди на фазову та мозаїчну динаміку природних старовікових лісів, оскільки вона безпосередньо пов'язана з просторовою мінливістю запасів живої деревини та мортмаси.
2. У розділі 3 є певні термінологічні помилки: насадження віком 43-50 років (ділянки досліджень 13, 20, 21, 22) – це середньовікові деревостани, але ні в якому разі не пристигаючі.
3. У роботі встановлено сильний позитивний зв'язок між віком деревостанів і запасами органічного Карбону. Водночас для старовікових природних лісів вік не завжди адекватно відображає структурну зрілість деревостану, оскільки в межах однієї ділянки можуть одночасно бути представлені дерева кількох поколінь, вікна відпаду та групи природного поновлення. Доцільно було б чіткіше обґрунтувати, який саме показник віку використано для різновікових деревостанів і наскільки коректно застосовувати його як інтегральну характеристику старовікового стану.
4. При оцінюванні грубих деревних залишків важливим є не лише їх загальний запас, але й ступінь розкладу деревини, оскільки зі збільшенням стадії деструкції змінюються її щільність, вміст органічної речовини та, відповідно, розрахунковий запас Карбону. У роботі цей аспект обговорюється переважно на рівні інтерпретації результатів. Було б доцільно докладніше показати, наскільки врахування стадій розкладу могло б вплинути на кількісну оцінку запасів Карбону в блоці грубих деревних залишків.
5. В роботі зроблено аналіз видового складу мезофауни, як біотичного чинника трансформації органічної речовини. Однак поза увагою залишився блок грибів-ксилотрофів та міксоміцетів функціонування яких призводить до виділення CO<sub>2</sub>.
6. Встановлена істотна різниця сумарних запасів органічного Карбону між південним і північним макросхилами є важливим результатом. Водночас деревостани двох макросхилів відрізняються за віком та окремими структурними характеристиками. Тому вплив експозиції макросхилу слід

тракувати обережно, розмежовуючи його з впливом віку, породного складу та лісівничо-таксаційної структури деревостанів.

7. Автор обґрунтовано розглядає старовікові ліси як референтні екосистеми. Проте при практичному використанні таких референтних значень необхідно чітко враховувати тип лісорослинних умов, породний склад, висотне положення та структурний стан деревостану. Єдине середнє значення запасу Карбону не може бути універсальним еталоном для всіх лісових екосистем Карпат.
8. Є певні зауваження щодо цитування літератури – в тексті є посилання на літературу, яка відсутня в списку використаних джерел, натомість в списку є джерела, які не цитуються в тексті роботи.

Наведені зауваження мають переважно дискусійний характер і визначають можливі напрями подальшого поглиблення досліджень. Вони не знижують наукової цінності отриманих результатів та загальної позитивної оцінки дисертаційної роботи.

### **Загальний висновок**

Дисертаційна робота Лелеки Дмитра Юрійовича «Акумуляція органічного Карбону у старовікових лісах Вододільно-Верховинського хребта (Українські Карпати)» є завершеним самостійним науковим дослідженням, у якому отримано нові дані щодо запасів та просторового розподілу органічного Карбону в основних компонентах старовікових лісових екосистем Українських Карпат.

Робота характеризується значним обсягом польового матеріалу, комплексним підходом до оцінювання живих і відмерлих компонентів лісових екосистем, використанням сучасних методів статистичного аналізу та належним узагальненням отриманих результатів.

Особливу цінність становлять результати щодо значної просторової мінливості запасів Карбону у фітомасі та грубих деревних залишках, зв'язку сумарної акумуляції Карбону зі структурними характеристиками деревостанів та можливості використання старовікових природних лісів як референтних екосистем.

За актуальністю теми, обсягом виконаних досліджень, науковою новизною, теоретичним і практичним значенням одержаних результатів дисертаційна робота повністю відповідає вимогам, передбаченим наказом Міністерства освіти і науки України № 40 від 12 січня 2017 року «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації», Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 року (зі змінами), а її автор, **Лелека Дмитро Юрійович**, заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 101 Екологія, галузь знань 10 Природничі науки.

**Професор кафедри лісівництва**

**Національного лісотехнічного університету України,**

**доктор сільськогосподарських наук, професор    Володимир КРАМАРЕЦЬ**