

## Зміни знань про обсяг фауни: крива видового накопичення у стосунку до жуків-пліснявиків Карпат

Катерина Очеретна

*Інститут зоології НАН України (Київ, Україна)*

*e-mail: kateryna\_ochereta@ukr.net; orcid: 0000-0002-7759-8878*

**OCHERETNA, K. Changes of knowledge of the fauna volume: species discovery curve in case of silken-fungus beetles of the Carpathians.** — The approach to the analysis of the fauna composition and completeness of its detection through the concept of “species discovery curve” is considered. Beetles of the family Cryptophagidae were taken as a model group. The dynamics of the accumulation of the information about the composition and volume of the Cryptophagidae fauna of the Ukrainian Carpathians during the eight stages of their study (the middle XIX, late XIX and the end of XIX century, the beginning of the XX century, the period until 1930–1940; middle and second half of XX century, and the current state for 1999 and 2021) are presented. In general, the composition of the cryptophagid fauna in the Ukrainian Carpathians is estimated at 116 species. This is 16 % more compared to what was known 100 years ago, i.e. each stage of the study adds about 5 % to the known species richness of this group of beetles. The components of fauna changes are analysed separately: 1) due to the changes in the nomenclature of existing species, 2) as a result of finding rare species (i.e. strengthening research efforts), 3) due to division or vice versa – combining existing species into two or three “small” species that were previously considered as morphs, varieties, or were not distinguished.

### Вступ

Авторкою досліджено концепт «кривої видового накопичення», що є графічним представленням числа видів, знайдених за певний період на певній території чи біотопі, як функції сумарної сукупності зусиль, спрямованих на їхнє знаходження, що дозволяє значно чіткіше уявити цілісну картину стосовно загальної кількості видів, які входять до таксономічної групи.

У якості модельного об’єкту взято жуків родини Cryptophagidae (Coleoptera: Cucujoidea), поширених у регіоні Українських Карпат. Загалом існує велика кількість проміжних списків фауни, які на час їхньої підготовки могли здаватися остаточними, проте надалі змінювалися та доповнювалися. Такими списками, зокрема, є огляди М. Ломницького, М. Новицького, Ш. Тененбаума, Я. Рубаля та ін., цитовані далі. Підсумковий огляд за відомостями підготовлений авторкою 2020 року.

Мета роботи — проаналізувати зміни списків фауни регіону шляхом порівняння серії проміжних контрольних списків, опублікованих різними дослідниками стосовно пліснявиків Карпат та проаналізувати можливості аналізу такого ряду даних в рамках ідеї кривої видового накопичення.

## Методична частина

### *Про криву видового накопичення*

Крива видового накопичення є представленням числа окремих видів, що знайдені на певній території чи біотопі, у графічному вигляді. Це, по суті, сумація сукупності зусиль дослідника, що спрямована на знаходження цих видів. КВН є обов'язково зростаючою, однак зростання характеризується негативним прискоренням, сповільнюючись при додаванні наступних показників дослідницьких зусиль. Якщо ж крива постійно перебуває у прискоренні зростання графіку при збільшенні зусиль, докладених дослідником, то в такому разі майже неможливо точно оцінити кінцеву кількість видів.

Прикладів застосування в Україні є небагато, але вони показові. Так, найдокладніший аналіз змін в контексті накопичення дослідницьких зусиль проведено одеськими іхтіологами при вивченні іхтіофауни навколо острова Зміїний (Snigirov *et al.* 2012, 2018). Досвід, отриманий при аналізі мікротеріофауни, яка характеризується незначною (близько 10–15) кількістю видів, виявився менш показовим, проте також важливим (Скубак 2015).

В подібних дослідженнях пропонується аналізувати кілька моделей (ступенева функція, логарифмічна тощо) і шляхом апроксимації фактичних даних методом найменших квадратів отримувати і порівнювати значення констант апроксимації. Прикладами моделей є:

1) ступенева функція:  $S = ax^b$ , де  $S$  — кількість знайдених видів на певний етап дослідження,  $x$  — дослідницьке зусилля;

2) логарифмічна модель:  $S = a + b \log(x)$ .

Як рекомендовано в алгоритмі, описаному С. Снігірьовим з кол. (Snigirov *et al.* 2012, 2018), при використанні КВН загальна очікувана кількість видів ( $N$ ) на досліджуваній території (або у певному біотопі чи таксоні) обчислюється як асимптота функції, використаної для апроксимації даних. Для цього застосовують формулу:  $N = \lim S(x)$  при  $x \rightarrow \infty$ .

### *Про особливості модельної групи*

Об'єктом аналізу обрано комах родини Cryptophagidae (ряд Coleoptera, надродина Cucujoidea), відомих як «жуки-пліснявики». Особливостями цієї групи, що важливі для демонстрації й застосування моделі, є наступні п'ять:

1) ця група є типовою для багатьох типів наземних екосистем і при відносній однотипності морфології демонструє надзвичайне різноманіття біотопних преференцій (мешканці листяного опаду, деревних і шапинкових грибів, трухлявої деревини, посліду рослиноїдних ссавців тощо); це робить криптофагід важливими індикаторами фауністичного та біотопного різноманіття різних типів місцезнаходжень;

2) ця група регулярно стає об'єктом аналізу й опису різноманіття, завдяки чому по кожній території накопичуються огляди групи різної давнини; у стосунку до української частини Карпат, яку досліджує автор, значні за обсягом

матеріалу огляди Я. Роубаля (Roubal 1930, 1936, 1941) та М. Ломницького (Łomnicki 1884), а також і огляд фауни, підготовлений авторкою (Ocheretna 2019 b); наявність різночасових колекцій або оглядів є основою аналізу в рамках концепту кривої видового накопичення;

3) група, як відмічено вище, є загалом однотипною за морфологією плюс це все дрібні і дуже дрібні комахи (у видів, представлених в Карпатах, довжина тіла — порядку 0,7–3,4 мм), тому збір колекційного матеріалу, на основі якого роблять описи локальних фаун та аналіз фауни регіону в цілому, майже завжди невибіркового (якщо не рахувати субстрати); все це важливо для порівнянь різночасових зборів, що не завжди є умовою збору інших груп, надто великорозмірних комах чи інших груп тварин;

4) видів відносно багато — більше кількох десятків видів, до прикладу, в передгірних лісах Карпат зустрічається близько 50 видів з 12 родів (Ляшина 2016; Ocheretna 2019 b);

5) у стосунку до криптофагід є потужні колекції різного часу і основних авторів давніх оглядів, що дозволяє уточнювати склад фауни, перевизначати матеріали і зводити всі описи або реконструйовані огляди для певного періоду до спільного знаменника, тобто єдиної таксономічної системи. Такі описи представлено авторкою у низці спеціальних публікацій, серед них щодо колекцій О. Марку і К. Пенеке в ЗМКУ (Ocheretna 2019 a), В. Лазорка в ІЗАН (Ocheretna 2019 c), Гохгута в ННПМ (Ocheretna 2019; Ocheretna 2019 d).

### *Періодизація на підставі аналізу історії досліджень*

Накопичені на сьогодні відомості про фауну криптофагід дозволяють сформулювати розтягнутий у часі ряд фауністичних даних в рамках моделі акумуляції знань. Послідовне накопичення відомостей про склад регіональної фауни можна поділити на 5 етапів:

- 1) праці кінця XIX ст. та початку XX ст. (дослідження та публікації Е. Рейтер та ін., колекції та публікації М. Ломницького);
- 2) 1930–1940-і рр. (дослідження і колекції Я. Роубаля);
- 3) середини і другої половини XX ст. (дослідження і колекції В. Лазорка);
- 4) 1990-2010-і рр. (сучасний етап досліджень та відомостей про склад регіональної фауни, колекції О. Дрогваленка, авторки)
- 5) колекції та дослідження авторки станом на 2020 рік.

### **Аналіз і обговорення даних**

#### *Оцінки обсягу фауни*

Обсяг фауни криптофагід, поширених в регіоні Українських Карпат, оцінюється, відповідно до сучасних поглядів, у 116 видів, проте такий обсяг був відомий не завжди (табл. 1). Для прикладу, реконструкції на підставі публікацій та аналізу колекцій дають такий ряд: середина та кінець XIX ст. — 49 видів (праці Ломницького, Новицького, Тененбаума та ін.: див. табл. 1),

1930–1940 — 104 види (Roubal 1936), останні огляди — 116 (Очеретна 2015, Ocheretna 2019 *a–d*, 2020).

З наведених у таблиці 1 даних видно поступове, проте неперервне збільшення обсягу виявленої та визнаної кількості видів.

### *Аналіз даних*

Побудова кривої накопичення дозволяє оцінити, скільки зусиль необхідно для виявлення нової певної кількості видів чи навпаки — скільки нових видів можна виявити при певному дослідницькому зусиллі. Незважаючи на популярність методу, він є достовірним лише у випадку стану вивченості, близького до повного охоплення, інакше — результати досліджень не дадуть бажаних оцінок обсягу досліджуваної групи живих організмів.

Результати нелінійного регресійного аналізу представлені поліноміальною кривою, що ілюструє нам залежність кількості описаних видів криптофагід від етапу дослідження, а також інтенсивності прикладених зусиль дослідників, спрямованих на вивчення групи. Аналіз апроксимації показав, що застосування таких даних не зовсім оптимальне, оскільки є значний розрив між цифрами на кінець XIX та початок XX ст.

Таблиця 1. Періодизація досліджень Cryptophagidae за 1860–2020 pp.

Період	Видів			Джерело
	всього	нових	накопичених	
1. XIX ст. [1860–1869] *	29	29	29	Публікації Я. Мюллера (1862), Л. Міллера (1867), М. Новицького (1864, 1865), М. Ломницького (Łomnicki 1866, 1868)
2. XIX ст. [1870–1880]	34	12	41	Публікації М. Ломницького з 1870 до 1880 р. (Łomnicki 1870, 1875, 1877, 1879, 1880), М. Новицького (1873)
3. XIX ст. [1881–1900]	36	8	49	Публікації М. Ломницького після 1880 р. (Łomnicki 1886, 1890, 1891)
4. XX ст. [1901–1923]	94	47	96	Публікація М. Ломницького 1913 р. (Łomnicki 1913), Ш. Тененбаума (Tenenbaum 1913, 1923)
5. XX ст. [1924–1941]	101	8	104	Публікації О. Марку (Marcu 1928 <i>a, b</i> , 1929, 1930, 1931, 1933, 1935, 1936), Ш. Тененбаума (Tenenbaum 1938), Я. Рубала (Roubal 1930, 1936, 1941)
6. XX ст. [1942–1970]	48	4	111	Колекції В. Лазорка (Ocheretna 2019 <i>c</i> )
7. XX ст. [1971–1999]	7	1	112	Колекції МПХУ (О. Дрогваленка та ін.)
8. Відомості, накопичені на 2020 р. [2020]	57	4	116	Публікації авторки (Ocheretna 2019 <i>a–d</i> )

\* У квадратних дужках наведено значення, яка відповідає умовному року для даних, представлених на графіку (рис. 1).

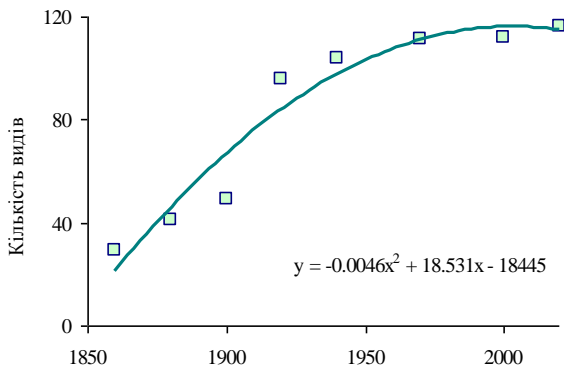


Рис. 1. Зміни кількості видів криптофагид в регіоні Українських Карпат за періодами досліджень.

Поточний обсяг регіональної фауни криптофагид (116 видів) є на 16 % більшим, ніж матеріали публікацій та колекцій 100-річної давнини. Тобто кожний черговий етап дослідження ентомофауни додає близько 5 % до наявного видового багатства цієї групи жуків.

### Фактори змін списків

Очевидно, що при однаковій таксономічній основі і приблизно однакових дослідницьких зусиллях кожний наступний їх цикл буде додавати до списку фауни все нові й нові види. Основою цього є охоплення все більшої частини територій, типів місцезнаходжень та біотопів. Проте можуть впливати й інші фактори, зокрема й таксономічні ревізії, інвазії й вимирання, зміни екосистем самого регіону (заліснення, зміни клімату тощо).

Проаналізовано окремо складові змін фауни:

1) за рахунок формування змін в номенклатурі наявних видів; такий фактор нами мінімізовано в усіх випадках, як при аналізі літератури, так і колекцій (Очеретна 2019 b); тому цей фактор авторка не вважає суттєвим;

2) за рахунок поділу наявних видів на два-три «малі» види, які до того вважали морфами, варієтатами або не розрізняли; наявність докладних фахових описів та колекцій дозволяє виявляти такі випадки і мінімізувати їх; наприклад, наведені у Я. Роубала для виду *Antherophagus nigricornis* (Fabricius, 1787) дві морфи *A. nigricornis* f. *fascifera* та *A. nigricornis* f. *pallens* відповідають сучасному виду *A. pallens* (Linnaeus, 1758) (Очеретна 2020).

3) в результаті глибошого (докладнішого) обстеження вже вивчених територій та (або) обстеження не досліджених раніше куточків або типів місцезнаходжень регіону, що дозволяє виявляти передусім рідкісні види; цей фактор по суті основним і характеризується як посилення дослідницьких зусиль; прикладами таких зусиль є виявлення авторкою трьох нових видів, які не могли з'явитися внаслідок інвазій, оскільки відомі з різних регіонів навколо Карпат, а, отже, є результатом поглиблення знань.

## Післямова

Аналіз загального обсягу фауни твердокрилих та інших груп безхребетних та хребетних тварин крізь призму накопичення відомостей про групу, визначену шляхом ретроспективного аналізу публікацій та колекцій, дозволяє оцінювати ступінь вивченості групи і ймовірні обсяги нових поповнень списку видів.

Слід уважно відстежувати загальний об'єм даних, з якими працює дослідник, оскільки при коефіцієнтах апроксимації вище діапазону 5–7 % крива може не зовсім точно відображати характер кореляційних змін навіть при правильному підборі рівняння кривої.

## Подяки

Авторка вдячна О. Дрогваленку за надану інформацію про колекційні матеріали в МПХУ, С. Силантьєву за консультації стосовно статистичної обробки рядів даних та І. Загороднюку за допомогу у підготовці рукопису.

## Література

- Ляшина, К. 2016. Поширеність і сезонна динаміка чисельності видів родини Cryptophagidae (Cucujoidea, Coleoptera) широколистяних лісів передгір'їв Українських Карпат. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*, **72**: 161–167.
- Очеретна, К. 2015. Історичні відомості про стан вивченості фауни жуків-пліснявиків (Coleoptera: Cryptophagidae) в Україні. *Внесок натуралістів-аматорів у вивчення біологічного різноманіття*. Міжнародна наукова конференція, присвячена 200-річчю від дня народження Людвіга Вагнера. Берегово, 475–479.
- Очеретна, К. 2019. Натураліст Йоганн Гохгут та його колекція жуків родини Cryptophagidae (Coleoptera: Cucujoidea). *Природничі музеологія*, **5**: 78–81.
- Скубак, Є. 2015. Структура угруповань дрібних ссавців Національного природного парку «Святі Гори». *Праці Теріологічної Школи*, **13**: 91–97.
- Łomnicki, M. 1866. *Przyczynek do fauny chrząszczów galicyjskich*. Kraków, 1–9.
- Łomnicki, M. 1868. Wycieczka na Czarnogórę. *Sprawozdanie Komisji Fizyograficznej*. Kraków, **2**: 132–152.
- Łomnicki, M. 1870. Zapiski z wycieczki podolskiej odbytej w roku 1869 pomiędzy Seretem, Zbruczem a Dniestrem. *Sprawozdanie Komisji Fizyograficznej*. Kraków, **4**: 41–85.
- Łomnicki, M. 1875. Chrząszcze zebrane w okolicy Stanisławowa. *Sprawozdanie komisji fizyograficznej*. Kraków, **10**: 154–184.
- Łomnicki, M. 1877. Wykaz chrząszczów nowych dla fauny galicyjskiej. *Sprawozdanie Komisji Fizyograficznej*. Kraków, **11**: 151–152.
- Łomnicki, M. 1879. Wykaz chrząszczów nowych dla fauny galicyjskiej. *Sprawozdanie Komisji Fizyograficznej*. Kraków, **13**: 221–223.
- Łomnicki, M. 1880. Chrząszcze zebrane w górach Solotwińskich. *Sprawozdanie Komisji Fizyograficznej*. Kraków, **14**: 3–12.
- Łomnicki, M. 1886. *Muzeum imienia Dzieduszyckich we Lwowie. Dział 1. Zoologiczny oddział zwierząt bezkręgowych. Chrząszcze (Coleoptera)*. Lwów, 1–77.
- Łomnicki, M. 1890. Fauna Lwowa i okolicy. 1. Chrząszcze (Coleoptera). (Tęgoskrzydłe). Cz. 1. *Sprawozdanie Komisji Fizyograficznej*. Kraków, **25**: 141–217.
- Łomnicki, M. 1891. Wykaz chrząszczów nowych dla fauny Galicyi. *Sprawozdanie Komisji Fizyograficznej*. Kraków, **26**: 16–25.
- Łomnicki, M. 1913. Wykaz chrząszczów czyli Tęgopokrywych (Coleoptera) ziem polskich. (Catalogus coleopterorum Poloniae). *Kosmos, seria A — biologia*, 21–155.

- Marcu, O. 1928 a. Zur Kenntnis der Koleopterenfauna der Bukowina. *Verhandlungen und Mitteilungen des Siebenburgischen Vereins für Naturwissenschaften in Hermannstadt*, **78**: 31–40.
- Marcu, O. 1928 b. Contribuțiuni la cunoașterea Coleoptereilor Olteniei. *Arhivele Olteniei*, **7** (39–40): 488–490.
- Marcu, O. 1929. Neue Koleopterenfunde aus der Bucovina. *Buletinul Facultatii de Stiinte din Cernauti*, **3**: 160–170.
- Marcu, O. 1930. Weitere Coleopterenfunde aus der Bucovina. *Bulletin de la Section Scientifique de l'Academie Roumaine*, **13**: 248–254.
- Marcu, O. 1931. Weitere neue Coleopterenfunde aus der Bucovina. *Bulletin de la Section Scientifique de l'Academie Roumaine*, **14**: 1–7.
- Marcu, O. 1933. Zur Coleopterenfauna der Bucovina. *Bulletin Sectiunea Scientifica (Academia Roumaine)*, **16**: 1–10.
- Marcu, O. 1935. Zur Kenntnis der Coleopterenfauna von Rumanien, nebst Beschreibung einiger neuen palaarktischen Formen. *Buletinul Facultatii de Stiinte din Cernauti*, **8**: 90–96.
- Marcu, O. 1936. Coleopterenfunde aus der Bucovina. *Verhandlungen und Mitteilungen des Siebenbürgischen Vereins für Naturwissenschaften*, **15–16**: 56–83.
- Miller, L. 1867. Eine entomologische Reise in die ostgalizischen Karpathen. *Verh. Zool.-Bot. Ges. Wien*, **18**: 3–34.
- Müller, J. 1862: Verzeichnis der bis jetzt in Mähren und Oesterreich-Schlesien aufgefundenen Coleopteren. *Verh. Naturforsch. Ver. Brünn*, **1**: 211–245.
- Nowicki, M. 1864. Przyczynek do owadniczej fauny Galicji. *Kraków*, 1–87.
- Nowicki, M. 1865. Insecta Haliciae Musei Dzieduszyckiani. I. *Coleoptera. Chrabąszcze*. Cracoviae, 7–47.
- Nowicki, M. 1873. Verzeichniss galizischer Käfer. *Beiträge zur Insektenfauna Galiziens*. Krakau, 7–52.
- Ocheretna, K. 2019 a. Beetles of the family Cryptophagidae (Coleoptera) in the collection of Zoological Museum of Taras Shevchenko National University of Kyiv. *Ukrainian Entomological Journal*, **17** (2): 10–24.
- Ocheretna, K. 2019 b. Cryptophagidae (Coleoptera) in the collections of Ukraine: species, specimens, and collectors. *Proceedings of the State Museum of Natural History*, **35**: 21–36.
- Ocheretna, K. 2019 c. Cryptophagidae (Coleoptera) in Volodymyr Lazorko's collection stored at Schmalhausen Institute of Zoology (Kyiv, Ukraine). *Geo&Bio*, **17**: 62–76.
- Ocheretna, K. 2019 d. Johann Hochhuth and his collection of silken-fungus beetles (Coleoptera: Cryptophagidae): significance and unique specimens. *Geo&Bio*, **18**: 139–146.
- Ocheretna, K. 2020. Silken-fungus beetles (Cryptophagidae, Coleoptera) of the Ukrainian Carpathians. *Geo&Bio*, **19**: 104–120.
- Roubal, J. 1930. *Katalog Coleopter (brouků) Slovenska a Podkarpatska*, 1. Učená spol. Šafárikova, Bratislava, Státní tiskárna Praha, 1–572.
- Roubal, J. 1936. *Katalog Coleopter (brouků) Slovenska a Podkarpatské Rusi*, 2. Učená spol. Šafárikova, Bratislava, Státní tiskárna Praha, 1–435.
- Roubal, J. 1941. *Katalog Coleopter (brouků) Slovenska a Východních Karpat*, 3. Slovanský ústav, Nakl. Orbis, Praha, 1–363.
- Tenenbaum, Sz. 1913. Chrabąszcze (Coleoptera) zebrane w Ordynacyi Zamojskiej w gub. Lubelskiej. *Pamiętnik Fizyograficzny*, **21** (3): 1–72.
- Tenenbaum, Sz. 1923. Przybytki do fauny chrabąszczów Polski od roku 1913. *Rozpr. Wiad. Muz. Dzied.*, **7–8**: 136–186.
- Tenenbaum, Sz. 1938. Nowe dla Polski gatunki i odmiany chrabąszczy. *Fragmenta Faunistica Musei Zoologici Polonici*. Warszawa, **3**: 415–429.
- Snigirov, S., O. Gocharov, S. Sylantjev. 2012. The fish community in Zmiinyi Island waters: structure and determinants. *Marine Biodiversity*, **42** (2): 225–239. doi:10.1007/s12526-012-0109-4
- Snigirov, S., I. Kvach, O. Goncharov, R. Sizo, S. Sylantjev. 2018. Hydrology and parasites: What divides the fish community of the lower Dniester and Dniester estuary into three? *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **217**: 120–131. doi:10.1016/j.ecss.2018.11.022

## Резюме

**ОЧЕРЕТНА, К.** **Зміни знань про обсяг фауни: крива видового накопичення у стосунку до жуків-пліснявників Карпат.** — Розглянуто підхід до аналізу складу фауни та повноти його виявлення через концепт «кривої видового накопичення». У якості модельної групи взято жуків родини *Stygotaphagidae*. Представлено динаміку накопичення відомостей про склад та обсяг фауни пліснявників українських Карпат протягом восьми етапів їх вивчення: середина XIX ст., кінець XIX і кінець XIX ст., початок XX ст., період до 1930–1940 років, середина та друга половина XX ст., а також сучасний стан на 1999 та 2021 роки. Загалом склад фауни криптофагид на території Українських Карпат оцінюється у 116 видів. Це на 16 % більше, ніж було відомо 100 років тому, тобто кожний черговий етап дослідження додає близько 5 % до наявного видового багатства цієї групи жуків. Проаналізовано окремо складові змін фауни: 1) за рахунок формування змін в номенклатурі наявних видів, 2) в результаті знаходження рідкісних видів (тобто посилення дослідницьких зусиль), 3) за рахунок поділу чи навпаки — об'єднання наявних видів на два-три «малі» види, які до того вважали морфами, варієтатами або не розрізняли.