

## МОРФОЛОГІЧНА ІНТЕГРОВАНІСТЬ РЕПРЕЗЕНТАТИВНИХ АВТОХТОННИХ РАРИТЕТНИХ ХАМЕФІТІВ УКРАЇНСЬКОГО ПОЛІССЯ

М. Шерстюк

Гетьманський національний природний парк  
вул. Миру, 6, Тростянець 42600, Україна  
e-mail: maryna\_skljar@ukr.net

Для трьох репрезентативних видів автохтонних раритетних хамефітів Українського Полісся (*Ledum palustre* L., *Chimaphila umbellata* (L.) W. Barton та *Oxycoccus palustris* Pers) здійснена оцінка морфологічної інтегрованості (цілісності) рослин, яка, зокрема, ґрунтувалася на вивченні кореляційних взаємозв'язків між морфопараметрами. У роботі запропоновано чотири показники, за якими для різних видів здійснено порівняльний аналіз кореляційних дендритів і плеяд, сформованих досліджуваними морфопараметрами. Результати проведеного на основі цих показників аналізу засвідчили, що *Ledum palustre* за рівнем морфологічної інтегрованості поступається *Chimaphila umbellata* та *Oxycoccus palustris*. Оцінка морфологічної цілісності рослин доповнювалася визначенням і порівнянням значень двох індексів: індексу морфологічної інтеграції та його модифікованого варіанта. Встановлено, що у досліджуваних видів значення цих індексів коливаються в межах 60,95–78,7 % та 0,84–1,09, відповідно. У підсумку за результатами кореляційного аналізу та величинами індексів доведено, що ступінь морфологічної інтегрованості рослин досліджуваних видів зростає в такій послідовності: *Ledum palustre* → *Chimaphila umbellata* → *Oxycoccus palustris*.

*Ключові слова:* морфоструктурна інтегрованість, морфометричний аналіз, кореляційний аналіз, *Ledum palustre* L., *Chimaphila umbellata* (L.) W. Barton, *Oxycoccus palustris* Pers

Важливим показником стану будь-якої особини рослини є рівень її морфоструктурної та фізіологічної інтегрованості – цілісності. Наявні наукові факти свідчать, що у рослин її рівень істотно варіює залежно від умов росту [13]. Часто за стресових чинників у рослин інтегрованість морфологічної структури зменшується [8, 10, 14]. Має місце і протилежний процес, коли при наростанні стресів вона збільшується [2, 12]. Для низки видів встановлено, що рівень морфоструктурної цілісності їхніх особин закономірно змінюється уздовж градієнта наростання стресу. У такому разі морфологічна цілісність у деяких рослин спочатку знижується, а потім – зростає [8, 11]. Ці факти свідчать, що питання морфологічної інтегрованості рослин не належить до числа остаточно з'ясованих і тому дослідження в цьому напрямі тривають. Зокрема, значну увагу йому приділяють у роботах із вивчення популяцій [4–7]. Вважаємо, що проведення оцінки морфологічної інтегрованості є доцільним для видів, які репрезентують раритетну складову фіторізноманіття певного регіону, наприклад, належать до місцевих видів, які мають офіційний статус відповідних рангів охорони (міжнародний, загальнодержавний і регіональний) [3]. Ступінь морфоструктурної цілісності рослин може виступати одним із провідних показників, які беруться до уваги під час розробки заходів із їхньої охорони чи формування фітоценокомпозицій.

Провідним методом оцінки цілісності рослини є вивчення кореляції між ознаками на основі визначення коефіцієнта парної кореляції та формування кореляційної матриці [6]. Однак традиційні підходи, що застосовуються для оцінки морфоструктурної інтегрованості рослин, здебільшого є ефективними для оцінки типового рівня інтеграції у осо-

бин, які ростуть в оптимальних екоумовах. На сьогодні актуальною науковою проблемою є вдосконалення наявних підходів, яке дало би змогу не тільки ґрунтовніше досліджувати питання морфологічної цілісності рослин, а й вивчати і порівнювати цю характеристику у рослин різних видів.

### Матеріали та методи

Дослідженням було охоплено три репрезентативні види автохтонних раритетних хамефітів Українського Полісся: *Ledum palustre* L., *Chimaphila umbellata* (L.) W. Barton та *Oxycoccus palustris* Pers. Кожен із них має офіційний статус охорони у тій чи іншій адміністративній області, розташованій у межах Українського Полісся [1]. У цих рослин визначено величини, відповідно, 21, 17 та 20 морфопараметрів. Оцінювали значення як статичних метричних (табл. 1), так і статичних алометричних величин (табл. 2).

Використовуючи традиційні підходи щодо оцінки морфологічної інтегрованості, для *Ledum palustre*, *Chimaphila umbellata* та *Oxycoccus palustris* детально проаналізували кореляційні взаємозв'язки між морфопараметрами, що характеризують стан рослин цих видів. За результатами кореляційного аналізу побудовано кореляційні дендрити і виділено плеяди.

Таблиця 1

Перелік використаних статичних метричних морфопараметрів для досліджених видів

Назва морфопараметра	Умовні позначення	Одиниця виміру
Загальна маса рослини	W	г
Загальна маса вегетативних органів	Wveg	г
Загальна фітомаса листків	WL	г
Фітомаса стебла	Wst	г
Фітомаса одного листка	W1L	г
Загальна площа поверхні листків	A	см <sup>2</sup>
Площа одного листка	A1L	см <sup>2</sup>
Загальна кількість листків	NL	шт.
Кількість бічних пагонів першого порядку	B	шт.
Кількість бічних пагонів другого порядку	B2	шт.
Висота рослини	H	см
Довжина верхівкового пагона	L	см
Діаметр стебла	D	см
Загальна маса репродуктивних органів	Wgen	г
Маса одного суцвіття або супліддя	Wgen1	г
Загальна кількість генеративних органів	Ngen	шт.

**Примітка.** Тут і в табл. 2 умовні позначення та розрахункові формули подані за Ю.А. Злобіним [4], І.В. Кармановою [9] та Р. Хантом [15], а також із доповненнями автора

Таблиця 2

Перелік використаних статичних алометричних морфопараметрів для досліджуваних видів

Назва морфопараметра	Умовні позначення та розрахункові формули морфопараметрів	Одиниця виміру
Площа листків на одиницю фітомаси	$LAR = A / W$	см <sup>2</sup> /г
Фотосинтетичне зусилля	$LWR = WL / W$	г/г
Відносний приріст	$HWR = H / W$	см/г
Відношення загальної площі листків до діаметра стебла	$ADR = A / D$	см <sup>2</sup> /мм
Співвідношення між висотою рослини та діаметром стебла	$HDR = H / D$	см/см
Репродуктивне зусилля	$RE1 = (Wgen / W) \times 100$ $RE2 = (Wgen / A) \times 100$	%
Кількість бічних пагонів першого порядку на одиницю висоти	$Bh = B / H$	шт./см
Кількість бічних пагонів першого порядку на одиницю довжини верхівкового пагона	$BL = B / L$	шт./см

Для оцінки морфологічної цілісності рослин також було використано запропонований Ю.А. Злобіним індекс морфологічної інтеграції (цілісності) [4]. Його розраховували за формулою:

$$I = \frac{B}{(n^2 - n)/2} \cdot 100\%,$$

де  $I$  – індекс морфологічної інтеграції, тобто цілісності особини;  $B$  – кількість у матриці статистично достовірних (на рівні ймовірності 0,95) коефіцієнтів кореляції;  $n$  – загальна кількість оцінених морфометричних параметрів.

Окрім того, під час дослідження морфоструктурної інтегрованості особин використовували ще й такий оригінальний показник – модифікований індекс морфологічної інтеграції ( $I_m$ ). Цей показник був успішно апробований під час оцінки морфологічної цілісності рослин трьох контрастних біоморф: *Ledum palustre*, *Nymphoides peltata* (S.G. Gmel.) O. Kuntze, а також дрібного підросту *Pinus sylvestris* L. [16]. Його розраховували так:

$$I_m = \frac{1B \leq 0,5 + 2B > 0,5 \dots < 0,8 + 3B \geq 0,8}{(n^2 - n)/2},$$

де  $I_m$  – модифікований індекс морфологічної інтеграції;  $B \leq 0,5$  – кількість у матриці статистично достовірних (на рівні ймовірності 0,95) коефіцієнтів кореляції, значення яких за модулем перебувають у діапазоні від 0 до 0,5 включно;  $B > 0,5 \dots < 0,8$  – кількість у матриці статистично достовірних (на рівні ймовірності 0,95) коефіцієнтів кореляції, значення яких за модулем є більшими за 0,5 і меншими за 0,8;  $B \geq 0,8$  – кількість у матриці статистично достовірних (на рівні ймовірності 0,95) коефіцієнтів кореляції, значення яких за модулем дорівнюють або є більшими за 0,8;  $n$  – загальна кількість оцінених морфометричних параметрів.

#### Результати і їхнє обговорення

За результатами кореляційного аналізу для *Ledum palustre* було виділено три плеяди, а для *Chimaphila umbellata* та *Oxycoccus palustris* – по чотири (рис. 1–3). У *Ledum palustre* вони сформовані на рівні кореляційного зв'язку  $r=0,80$  і вище, а у *Chimaphila umbellata* і *Oxycoccus palustris* при  $r=0,85$  і вище.

Вважаємо, що при дослідженні морфоструктурної цілісності особин рослин необхідно не тільки здійснювати загальний аналіз значень коефіцієнтів кореляції, а й проводити комплексну оцінку низки показників, які деталізують кореляційні взаємозв'язки між морфопараметрами та провідні характеристики кореляційних дендритів і плеяд (табл. 3). Також вважаємо за доцільне визначати такий оригінальний показник, як частка морфопараметрів у плеядах (*The share of morphoparametrs in the pleiades* – SMP), який представляє виражену у відсотках частку кількості морфопараметрів, що увійшли до складу кореляційних плеяд ( $N_{ple}$ ), від загальної кількості врахованих морфопараметрів ( $N_{total}$ ):

$$\text{Частка морфопараметрів у плеядах (SMP)} = (N_{ple} / N_{total}) \times 100 \%$$

Таблиця 3

Комплекс ознак кореляційних дендритів і плеяд досліджених видів

№ з/п	Ознака та її одиниці виміру	Види рослин		
		<i>Ledum palustre</i>	<i>Chimaphila umbellata</i>	<i>Oxycoccus palustris</i>
1	Значення коефіцієнта парної кореляції, на рівні якого виділено кореляційні плеяди	0,8	0,85	0,85
2	Кількість кореляційних плеяд у складі кореляційного дендриту, шт.	3	4	4
3	Середня кількість морфопараметрів у складі плеяди, шт.	3	2,3	2,5
4	Частка морфопараметрів у плеядах (SMP), %	42,9	52,9	50,0

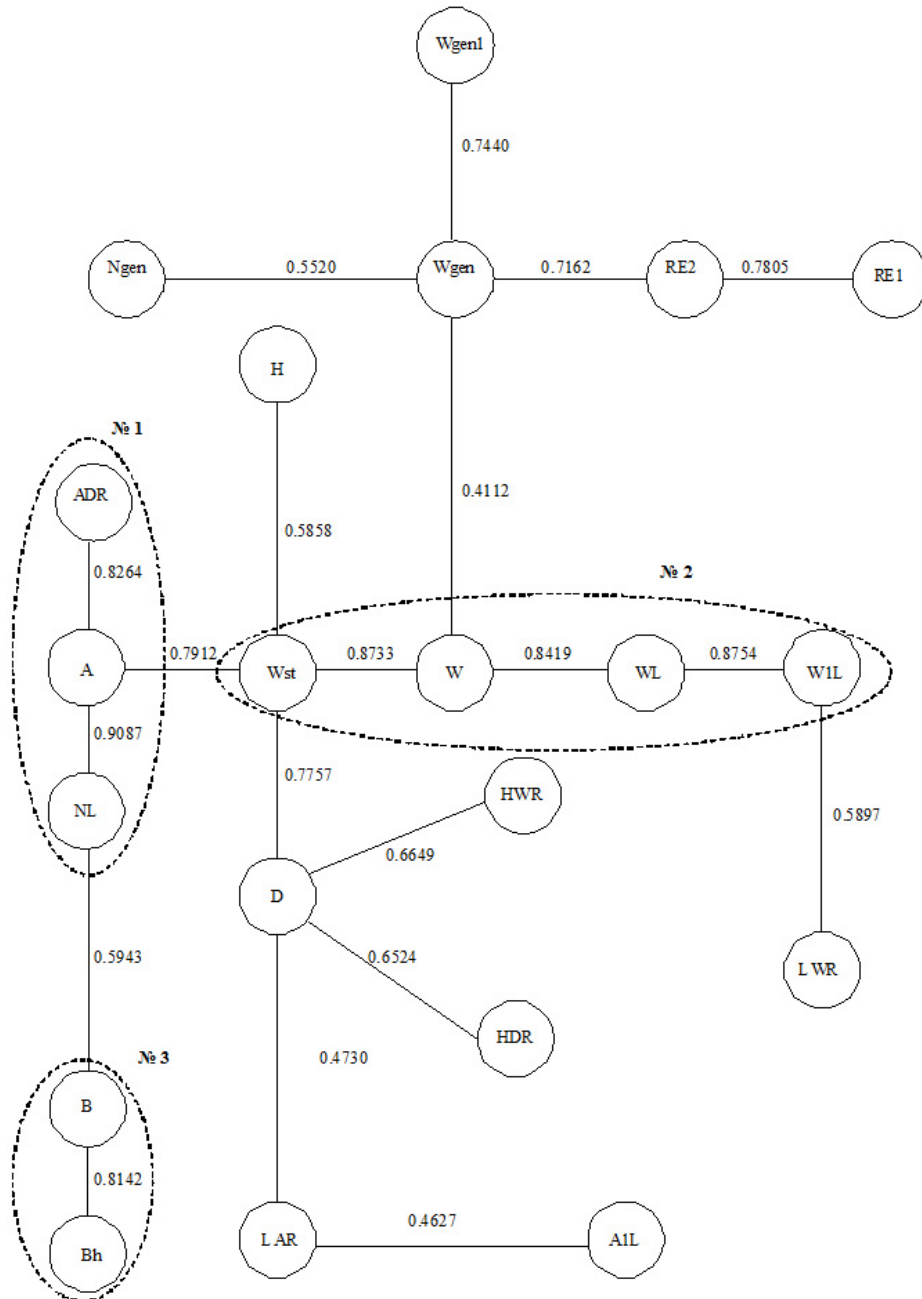


Рис. 1. Кореляційний дендрит і плеяди морфопараметрів рослин *Ledum palustre*. Тут і на рис. 2, 3 використано такі позначення: (W) морфопараметр і його умовне позначення відповідно до табл. 1, 2; пунктирним контуром окреслено морфопараметри, що увійшли до складу певної плеяди, позначеної відповідним номером; 0,7709 та інші – значення коефіцієнта парної кореляції Пірсона ( $r$ )

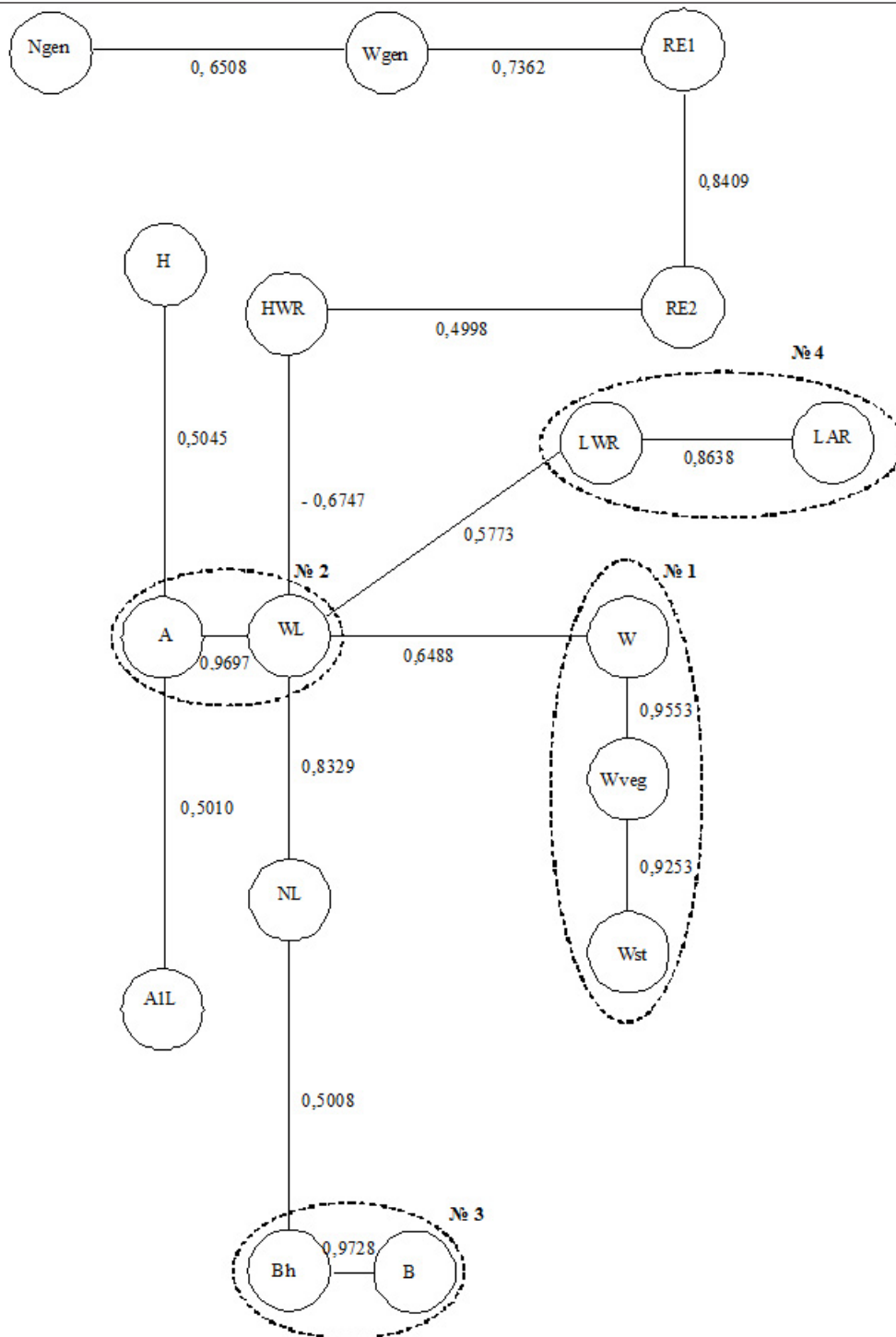


Рис. 2. Кореляційний дендрит і плеяди морфопараметрів рослин *Chimaphila umbellata*

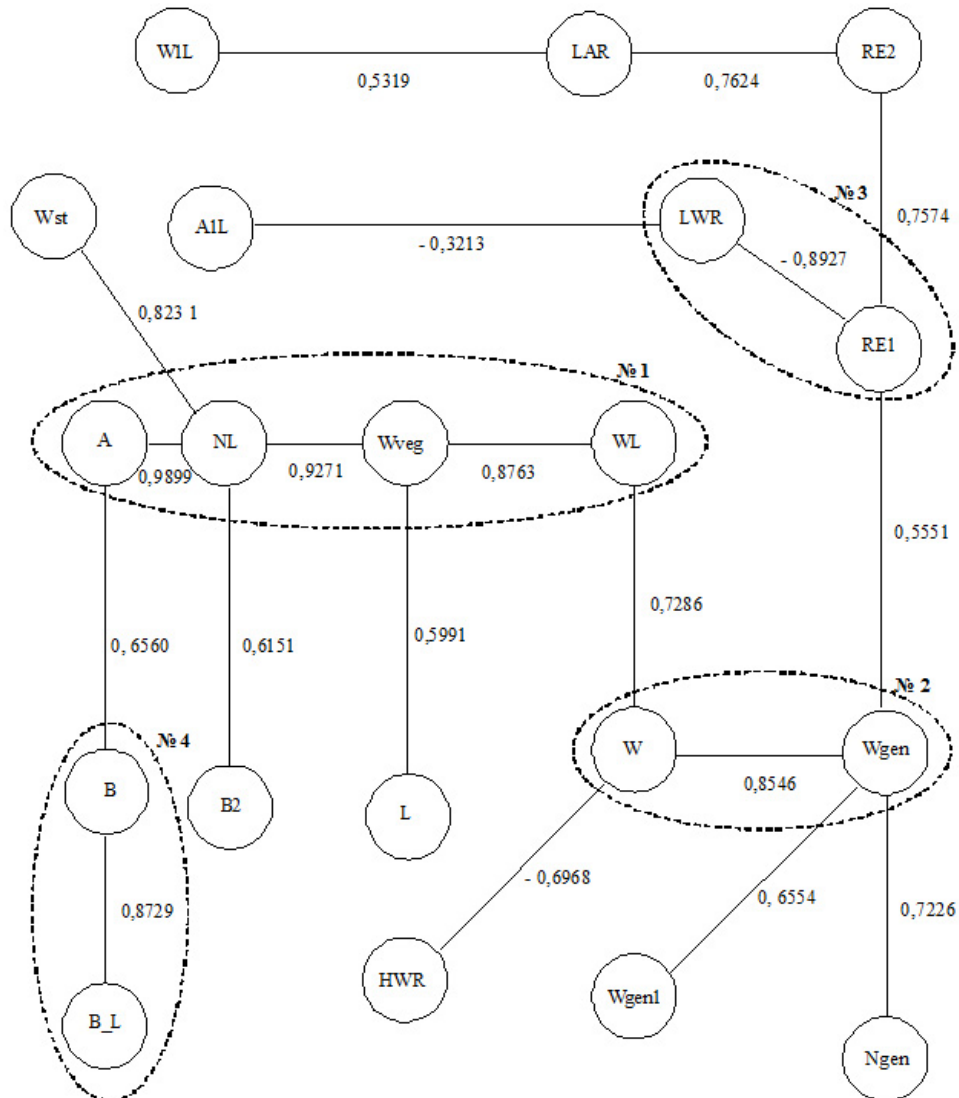


Рис. 3. Кореляційний дендрит і плеяди морфопараметрів рослин *Oxycoccus palustris*

Значення комплексу ознак кореляційних дендритів і плеяд свідчать, що *Chimaphila umbellata* та *Oxycoccus palustris* проявляють значну подібність за рівнем морфоструктурної інтегрованості, тоді як *Ledum palustre* за цією ознакою трохи поступається їм. Зокрема, у *Ledum palustre* кореляційні плеяди виокремлюються на нижчих показниках коефіцієнта кореляції (0,80 проти 0,85 у *Chimaphila umbellata* та *Oxycoccus palustris*). При цьому досліджувані морфопараметри *Ledum palustre* формують і меншу кількість кореляційних плеяд (три проти чотирьох), якими охоплюється і менший відсоток розмірних значень (42,9 % проти 50,0–52,9 %).

Визначення індексу морфологічної цілісності рослин на основі підходів Ю.А. Злобіна є доцільним та інформативним. Він дає змогу кількісно оцінити й охарактеризувати

ступінь морфологічної інтегрованості рослин того чи іншого виду. Однак запропонований цим вченим індекс не враховує того, що статистично достовірні коефіцієнти кореляції можуть суттєво відрізнятися за своїм значенням. Тому, власне, спираючись на розроблений Ю.А. Злобіним показник, запропонували для встановлення морфоструктурної інтегрованості особин застосувати ще й модифікований індекс морфологічної інтеграції. Він передбачає не тільки виявлення в матриці статистично достовірних (на рівні ймовірності 0,95) кореляцій, а й їхню диференціацію на три градації, кожній із яких відповідає свій (від 1 до 3) ваговий коефіцієнт. Вважаємо, що спільне використання індексу морфологічної інтеграції (цілісності) Ю.А. Злобіна та його модифікованого варіанта розкриває можливості для глибшого та ґрунтовнішого аналізу морфоструктурної інтегрованості рослин (табл. 4).

Таблиця 4

Результати оцінки морфологічної цілісності рослин досліджуваних видів на основі визначення індексів морфологічної інтеграції

№ з/п	Показник	Види рослин		
		<i>Ledum palustre</i>	<i>Chimaphila umbellata</i>	<i>Oxycoccus palustris</i>
1	Індекс морфологічної інтеграції (цілісності) Ю.А. Злобіна ( <i>I</i> )	60,95 %	68,4 %	78,7 %
2	Індекс морфологічної інтеграції (цілісності) модифікований ( <i>Im</i> )	0,84	1,03	1,09

Отже, запропонована методика дає змогу на основі комплексу ознак здійснити об'єктивну кількісну оцінку морфологічної інтегрованості рослин різних видів. Завдяки їй застосуванню доведено, що досліджувані автохтонні раритетні хамефіти в порядку збільшення морфологічної інтегрованості становлять таку послідовність: *Ledum palustre* → *Chimaphila umbellata* → *Oxycoccus palustris*. Вважаємо, що рослини видів із вищим ступенем морфологічної цілісності своїми змінами розміру й архітеконики будуть активніше та комплексно реагувати на поліпшення і погіршення умов місцезростань. Зазначена особливість може суттєво впливати на стійкість існування рослин відповідних видів як у природних угрупованнях, так і у складі штучних фітоценокомпозицій.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Андрієнко Т. Л., Перегрим М. М. Офіційні переліки регіонально рідкісних рослин адміністративних територій України. К., 2012. 148 с.
2. Веселкова Н. Р. Особенности морфогенеза *Dactylis glomerata* L. на территории Удмуртской республики // Популяційна екологія рослин: сучасний стан, точки росту. Суми: СНАУ, 2012. С. 310–314.
3. Дендрозологічний каталог природно-заповідного фонду Лісостепу України / [під ред. С.Ю. Поповича]. К.: Аграр Медіа Груп, 2011. 800 с.
4. Злобин Ю. А. Принципы и методы изучения ценотических популяций растений. Казань: Изд-во Казанск. ун-та. 1989. 146 с.
5. Злобин Ю. А. Популяционная экология растений: современное состояние, точки роста. Суми: Університетська книга, 2009. 263 с.
6. Злобин Ю. А., Скляр В. Г., Клименко А. О. Популяции редких видов растений: теоретические основы и методика изучения. Суми: Університетська книга, 2013. 439 с.
7. Ишмуратова М. М., Ишибирдин А. Р. Об онтогенетических тактиках *Rhodiola iremelica* // Фундаментальные и прикладные проблемы популяционной биологии. Нижний Тагил, 2002. С. 79–81.
8. Ишмуратова М. М., Суюндуков И. В., Ишибирдин А. Р., Журнова Т. В. Состояние ценопопуляций некоторых видов семейства *Orchidaceae* на Южном Урале. Сообщение 1.

- Виды со стеблекорневыми тубероидами // Растит. ресурсы. 2003. Т. 39. № 2. С. 1–17.
9. Карманова И. В. Математические методы изучения роста и продуктивности растений. М.: Наука, 1976. 222 с.
  10. Кричфалуший В. В., Мезев-Кричфалуший Г. М. Популяційна біологія рослин. Ужгород, 1994. 80 с.
  11. Пушкарева О. В. Стратегия жизни *Epipactis helleborine* (L.) Crantz. // Изв. Самарск. науч. центра РАН. 2011. Т. 13. № 5 (2). С. 103–105.
  12. Ростова Н. С. Корреляции: структура и изменчивость. СПб.: Изд-во СПб ун-та, 2002. 308 с.
  13. Синская Е. Н. Об уровнях группового приспособления в растительных популяциях // Проблема популяций у высших растений. Л.: ВИР, 1961. С. 54–69.
  14. Тихонова ИВ., Шемберг М. А. Сопряженная изменчивость морфологических признаков сосны обыкновенной на юге Средней Сибири // Лесоведение. 2004. № 1. С. 48–55.
  15. Hunt R. Plant growth analysis. London: Arnold, 1978. 67 p.
  16. Skliar V., Sherstuk M., Skliar Iu. Algorithm of comprehensive assessment of individual's morphological integration of plants contrast biomorfs // QUAERE 2016 (vol. VI.), Interdisciplinary Scientific Conference for PhD students and assistance (May 23, 2016 – May 27, 2016). Praha, 2016. P. 393–403.

Стаття: надійшла до редакції 13.02.17

доопрацьована 28.07.17

прийнята до друку 11.09.17

## MORPHOLOGICAL INTEGRATIONS OF ECOREPRESENTATIVE AUTOCHTHONOUS RARE HAMEPHITS OF UKRAINIAN POLISSYA

M. Sherstiuk

*Getmanski National Natural Park  
6, Miru St., Trostyanets 42600, Ukraine  
e-mail: maryna\_skliar@ukr.net*

For the three representative species of autochthonous rare hamephits of Ukrainian Polissya (*Ledum palustre* L., *Chimaphila umbellata* (L.) W. Barton and *Oxycoccus palustris* Pers) assessed morphological integrity of the plant. It was based on a comprehensive analysis of correlations between morphoparameters. There are four indicators in the paper, by which had been done comparative analysis of correlation dendrites and pleiades, formed by this morphoparameters, for the different species. The results of the analysis based on these indicators showed that *Ledum palustre* concedes to *Chimaphila umbellata* and *Oxycoccus palustris* by the level of morphological integration. Evaluation of plants' morphological integrity had supplemented by definition and comparing values of two indices: the index of morphological integration and its modified version. Found that the studied species significance of these indices are within 60,95–78,7 % and 0,84–1,09, respectively. Eventually, the results of the correlation analysis and the values of these indices shown that the degree of plants' morphological integrity of studied species, grows in the following sequence: *Ledum palustre* → *Chimaphila umbellata* → *Oxycoccus palustris*.

**Keywords:** morphostructure integrity, morphometric analysis, correlation analysis, *Ledum palustre* L., *Chimaphila umbellata* (L.) W. Barton, *Oxycoccus palustris* Pers