

## БОТАНІКА

УДК 504+574.4+581.9: 581.9 (251:477)  
<https://doi.org/10.53904/1682-2374/2022-24/4>

**А.А. Куземко**

*Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України  
вул. Терещенківська, 2, м. Київ, 01601 Україна  
Department of Botany and Zoology, Faculty of Science, Masaryk University  
Kamenice 753/5, 62500 Brno, Czech Republic  
e-mail: anyameadow.ak@gmail.com  
orcid.org/0000-0002-9425-2756*

### "ГАРЯЧІ" ТА "ХОЛОДНІ" ТОЧКИ БІОРІЗНОМАНІТТЯ ТРАВ'ЯНИХ БІОТОПІВ УКРАЇНИ

*Альфа-різноманіття, EUNIS, вологі луки, ГІС, експертна система, індекс Сімпсона, індекс Шеннона-Вінера, мезофітні луки, степи*

**"ГАРЯЧІ" ТА "ХОЛОДНІ" ТОЧКИ БІОРІЗНОМАНІТТЯ ТРАВ'ЯНИХ БІОТОПІВ УКРАЇНИ.** А.А. Куземко. – На основі визначення загального видового багатства та індексів біорізноманітності Шеннона-Вінера та Сімпсона для 15550 геоботанічних описів, розподілених на три групи (степи, мезофітні луки, вологі луки) було визначено описи з найнижчими і найвищими значеннями по усіх трьох показниках. Локалітети цих описів були накладені на карту України зі створенням відповідних ГІС-шарів. Отримані результати виявилися дещо схожими для усіх трьох груп біотопів. Однак для загального багатства судинних рослин (альфа-різноманіття) в усіх трьох випадках спостерігалось переважання описів з низькими показниками, а для коефіцієнту Сімпсона – навпаки зміщення в бік високих показників. Індекс Шеннона показав більш диференційовану і збалансовану картину, що дає підстави вважати цей показник цілком перспективним для ідентифікації гарячих та холодних точок біорізноманіття для досліджених трав'яних біотопів.

Для степових біотопів "гарячими точками", відповідно до наявних даних, виявилися басейн Дністра і долини річок степової зони, насамперед, басейни Південного Бугу та Інгулу, а також біосферний заповідник "Асканія-Нова". Для мезофітних луків "гарячою" точкою виявився Карпатський регіон із невеликим анклавом на Буковині, а для мокрих і вологих луків – басейни Західного Бугу і Десни. Ці регіони, очевидно, мають бути першочерговими пріоритетами в організації охорони та моніторингу біорізноманіття степових та лучних біотопів в Україні.

**BIODIVERSITY "HOT" SPOTS AND "COLDSPOTS" OF GRASSLAND HABITATS OF UKRAINE.** A.A. Kuzemko. – Based on the determination of the total species richness and biodiversity indices of Shannon-Wiener and Simpson for 15,550 vegetation plots, divided into three groups (steppes, mesic grasslands, wet grasslands), the plots with the lowest and highest values for all three indicators were determined. The coordinates of these plots were plotted on the map of Ukraine with the creation of corresponding GIS layers. The results were somewhat similar for all three habitat groups. However, for the total richness of vascular plants (alpha-diversity) in all three cases, a predominance of the plots with low values was observed, and for the Simpson coefficient, on the contrary, a shift towards high valued was noticed. Shannon-Wiener index showed a more differentiated and balanced pattern, which gives reason to consider this indicator quite promising for identifying hotspots and coldspots of biodiversity for the studied habitats.

For steppe habitats, the Dniester basin and river valleys of the steppe zone, primarily the Southern Bug and Ingul basins, as well as the Askania-Nova Biosphere Reserve, were identified as hotspots based on available data. For mesic grasslands, the "hotspot" was the Carpathian region with a small enclave in Bukovina, and for wet grasslands – the basins of the Western Bug and Desna rivers. Obviously, these regions should be the first priorities in the organization of protection and monitoring of biodiversity of grassland habitats in Ukraine.

Визначення видового багатства рослинних угруповань і біотопів має важливе значення, оскільки воно дозволяє виявити "гарячі" точки біорізноманіття, а на їх основі визначити пріоритети в плані охорони. Але на практиці ця задача є не такою простою, як здається на перший погляд. Цей критерій напряму залежить від повноти виявлення видового

складу фітоценозу на обліковій ділянці, на яку, в свою чергу, впливає багато факторів, як-то сумлінність або досвідченість дослідника, час обліку (оптимальний або неоптимальний для певного біотопу / типу рослинності період), площа облікової ділянки та точність її виміру, дизайн виконання опису тощо. Однак, незважаючи на це, використання достатньо великих масивів даних дозволяє певною мірою знизити суб'єктивність цих даних і отримати достатньо об'єктивну картину для порівняння типів біотопів за цим параметром.

"Гарячі точки" біорізноманіття в класичному розумінні є регіонами з високою концентрацією ендемічних видів рослин у поєднанні із суттєвими втратами біотопів (Myers et al., 2000), однак нині все частіше під гарячими точками розуміють регіони з високим видовим багатством (Reid, 1998). Так, у роботі щодо порівняльного аналізу різноманітності трав'яних екосистем Палерактики (Biurrun et al., 2021) "гарячі" і "холодні" точки різноманіття були визначені за показниками альфа-різноманітності, тобто загальним видовим багатством для біомів і типів рослинності. Відповідно до результатів, наведених у цій роботі, територія України загалом належить до гарячої точки різноманіття для трав'яних екосистем, оскільки на цій території спостерігаються показники видового багатства судинних рослин, близькі до максимальних.

Аналогічний аналіз для різних типів трав'яних біотопів, засвідчив наявність "гарячої" точки на території України для природних трав'яних біотопів, особливо при малих розмірах облікових ділянок, для вторинних луків до "гарячих" точок належить Карпатський регіон, а рівнинна частина території України, крім найдрібнішого масштабу належить до "холодних" точок. Для азональних біотопів (галофітних, скельних та перезволожених) територію України швидше слід віднести до "холодних" точок, за винятком Карпатського регіону у найдрібніших масштабах, для високотравних та рудеральних біотопів Україна теж є "холодною" точкою.

Враховуючи таку загальну картину для України на рівні всієї Європи доцільно було б провести подібний аналіз в межах України для різних типів біотопів системи EUNIS, що і було метою представленої дослідження.

### **Матеріали та методи досліджень**

Матеріалами для дослідження були геоботанічні описи з кількох фітосоціологічних баз даних: Ukrainian Grassland Database (EU-UA-001) (Kuzemko, 2012, Куземко та ін., 2020), Eastern European Steppe Database (EU-00-030) (Vynokurov et al., 2020), "Vegetation of Bukovyna+" (EU-UA-009) (Буджак та ін., 2018) та "Halophytic and coastal vegetation database of Ukraine" (EU-UA-005) (Dziuba, Dubyna, 2021). Загальний масив даних включав 23 746 геоботанічних описів. Для інтерпретації геоботанічних описів в одиницях класифікації біотопів EUNIS використовували експертну систему EUNIS-ESy (Chytrý et al., 2020), інтегровану до програмного пакету Juice (Tichý, 2002). За результатами аналізу масиву даних було виокремлено 17 687 геоботанічних описів, віднесених до групи R (трав'яні екосистеми), а також в межах цієї групи до одиниць класифікації EUNIS третього рівня ієрархії. Для типів біотопів, які не вдалося визначити за допомогою експертної системи, було залучено додаткові описи з літературних та архівних джерел. В результаті проведеного аналізу було виділено загалом 30 типів трав'яних біотопів. Обчислення видового багатства для кожного опису, а також індексів різноманітності Шеннона-Вінера (Shannon, 1948; Spellerberg, Peter, 2003) і Сімпсона (Simpson, 1949; Tucker et al., 2017) визначали засобами програми Juice. Показники загального видового багатства і різноманітності використали для визначення "гарячих" і "холодних" точок різноманітності трав'яних біотопів. Враховуючи, що результати таких аналізів є достатньо достовірними лише за наявності значних масивів вихідних даних, ми провели ці аналізи для степових біотопів (об'єднавши усі описи типів R1A, R1B і R1C), мезофітних біотопів (R21+R22+R23) і вологих біотопів (R35+R36+R37), отримавши таким чином масиви даних у 9701 опис (степові біотопи), 3786 (мезофітні луки) і 2063 (вологі луки) – загалом 15550 описів. Отримані значення видового багатства та коефіцієнтів різноманітності для описів ділили на п'ять рівних діапазонів значень і три середніх діапазони – відкидали, залишаючи лише групи з мінімальними та максимальними значеннями. Далі накладали ці значення на карти в програмі QGIS v. 3.22

(QGIS Development Team, 2021) і за локалізацією описів із відповідними значеннями визначали "гарячі" та "холодні" точки для кожної з трьох груп біотопів.

### Результати досліджень та їх обговорення

Значення абсолютного видового багатства, а також індексів різноманітності були використані для визначення "гарячих" і "холодних" точок різноманіття в межах України і відповідно відбору територій найбільшого природоохоронного пріоритету трав'яної рослинності і біотопів. Описи, що характеризувалися найнижчим (клас I) і найвищим (клас V) діапазоном показників накладали на карту, позначаючи описи, що належали до першого класу синім кольором ("холодні" точки), а описи, що належали до п'ятого класу – червоним кольором ("гарячі" точки) (рис. 1–3).

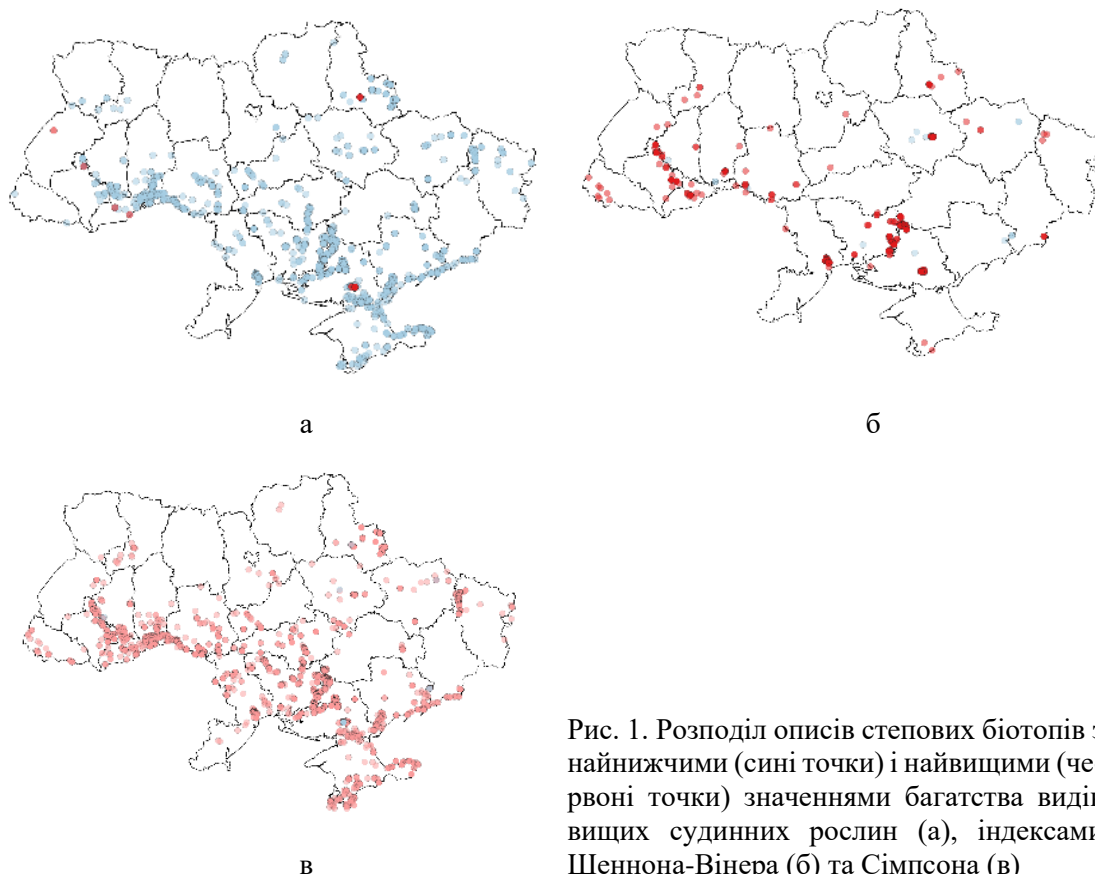


Рис. 1. Розподіл описів степових біотопів з найнижчими (сині точки) і найвищими (червоні точки) значеннями багатства видів вищих судинних рослин (а), індексами Шеннона-Вінера (б) та Сімпсона (в)

Отримані результати виявилися дещо схожими для усіх трьох груп біотопів. Для загального багатства судинних рослин в усіх трьох випадках спостерігається переважання описів з низькими показниками (рис. 1а, 2а, 3а), що очевидно пов'язано з наявністю в базі даних неповночлених і навіть неякісних описів, а для коефіцієнту Сімпсона спостерігається протилежна картина – нерівномірність розподілу описів на групи зі зміщенням в бік високих показників, які зафіксовані для більш, ніж половини описів (рис. 1в, 2в, 3в). Це, очевидно, зумовлено особливостями розрахунку цього індексу, який надає багато ваги домінуючим видам. На відміну від цих двох показників, індекс Шеннона-Вінера цілком дозволяє ідентифікувати території з найбільшим різноманіттям трав'яних біотопів за цим показником (рис. 1б, 2б, 3б). Для степових біотопів такими виявилися басейн Дністра і долини річок степової зони, насамперед басейни Південного Бугу та Інгулу, а також Біосферний заповідник "Асканія-Нова" (рис. 4). Для мезофітних луків "гарячою" точкою різноманіття, цілком очікувано, виявився Карпатський регіон із невеликим анклавом на Буковині (рис. 5), а для мокрих і вологих луків – басейни Західного Бугу у Львівській області і

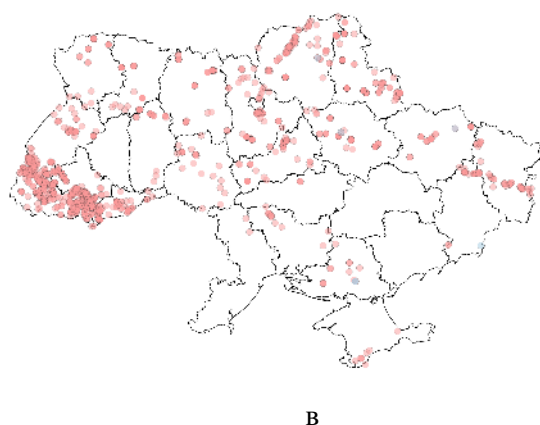
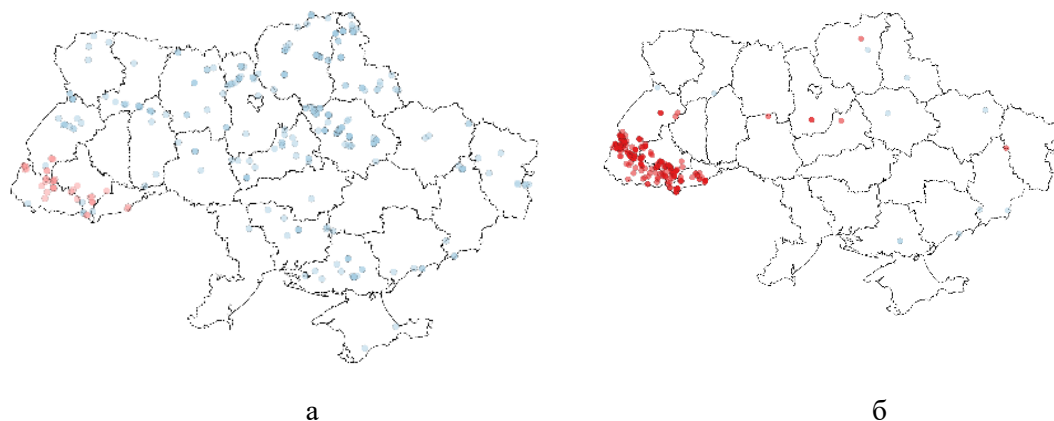


Рис. 2. Розподіл описів мезофітних луків з найнижчими (сині точки) і найвищими (червоні точки) значеннями багатства видів вищих судинних рослин (а), індексами Шеннона-Вінера (б) та Сімпсона (в)

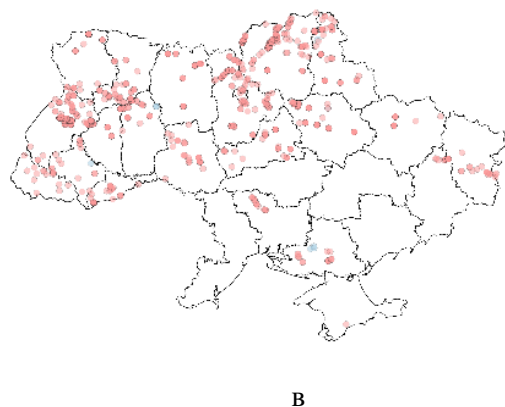
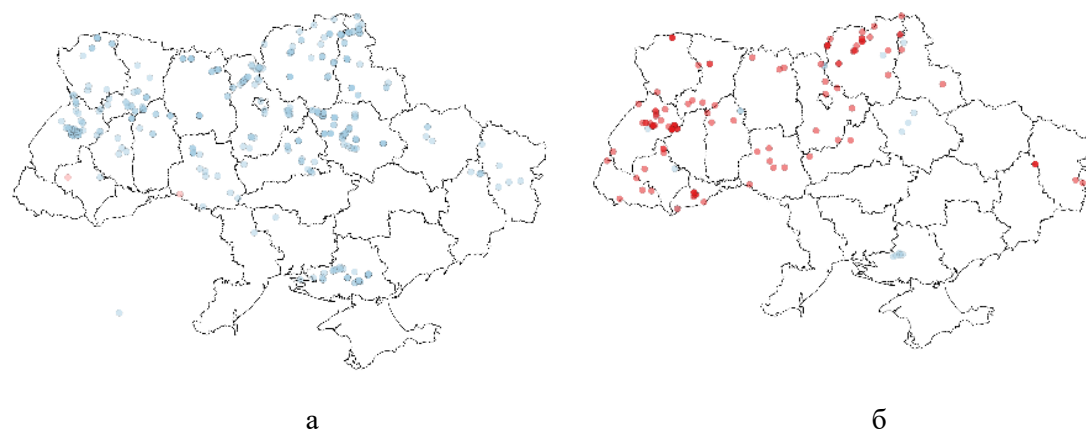


Рис. 3. Розподіл описів мокрих та вологих луків з найнижчими (сині точки) і найвищими (червоні точки) значеннями багатства видів вищих судинних рослин (а), індексами Шеннона-Вінера (б) та Сімпсона (в)

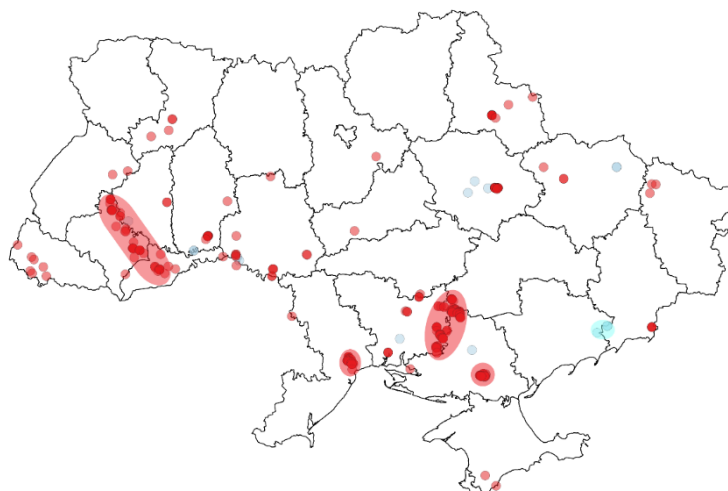


Рис. 4. "Гарячі" та "холодні" точки біорізноманіття степових біотопів України, визначені за значеннями коефіцієнту Шеннона-Вінера

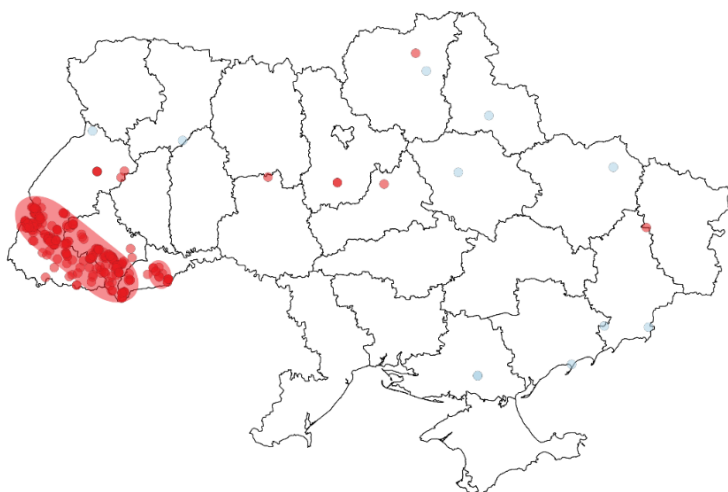


Рис. 5. "Гарячі" та "холодні" точки біорізноманіття мезофітних лучних біотопів України, визначені за значеннями коефіцієнту Шеннона-Вінера

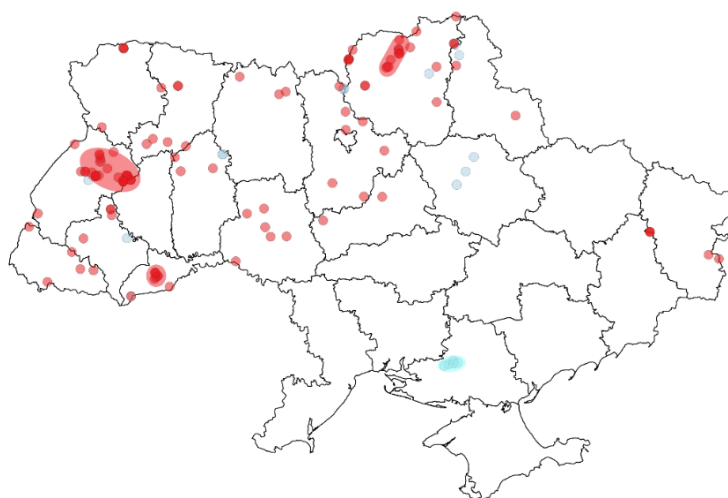


Рис. 6. "Гарячі" та "холодні" точки біорізноманіття мокрих та вологих лучних біотопів України, визначені за значеннями коефіцієнту Шеннона-Вінера

Десни та Снову у Чернігівській області (рис. 6). Саме ці території потребують першочергової уваги в плані охорони та менеджменту.

Натомість "холодні" точки виявилися менш вираженими. Для степової рослинності такою точкою можна вважати приазовські степи на межі Запорізької і Донецької областей (рис. 4), для мезофітних луків такі точки виявити не вдалося і для мокрих та вологих луків "холодною" точкою можна вважати луки пониззя Дніпра (рис. 6).

## Висновки

Проведений аналіз засвідчив, що використання індексу Шеннона є цілком перспективним для виділення "гарячих" точок біорізноманіття трав'яних біотопів. На наш погляд, у подальшому перспективним є використання з цією метою показників функціонального та філогенетичного різноманіття. Також результати аналізу дозволили виявити регіони, що повинні бути пріоритетними в організації охорони та моніторингу біорізноманіття степових та лучних біотопів.

## Подяки

Дослідження здійснені за підтримки Національного фонду досліджень України (проект № 2020.01/0140). Автор щиро вдячний кураторам фітосоціологічних баз даних, Д.С. Винокурову та В.В. Буджаку, матеріали з яких були використані для фінального масиву даних.

- Буджак В. В., Чорней І. І., Токарюк А. І. та ін. База даних "Vegetation of Vukovyna+". *Регіональні аспекти флористичних і фауністичних досліджень: мат-ли П'ятої міжнар. наук.-прак. конф.* (19 квітня 2018 р., м. Чернівці) / наук. ред. І.І. Чорней, І.В. Скільський, А.В. Юзик. Чернівці : Друк Арт, 2018. С. 86–90.
- Смельянова С. М., Куземко А. А. Національна фітосоціологічна база даних рослинності України (UKRVEG): актуальність створення та проблеми розбудови : *Класифікація рослинності та біотопів України як наукова основа збереження біорізноманіття* : матеріали другої науково-теоретичної конференції (Київ, 14–15.03.2016) / за ред. Дідуха Я. П. Київ, 2016. С. 24–37.
- Куземко А. А., Вашеняк Ю. А., Буджак В. В. та ін. База даних трав'яної рослинності України (Ukrainian Grassland Database): сучасний стан та перспективи розвитку : *Класифікація рослинності та біотопів України* : мат-ли четвертої науково-теоретичної конференції (Київ, 25–26 березня 2020 р.) / За ред. акад. НАН України Я.П. Дідуха. Київ, 2020. С. 89–100.
- Biurrun I., Pielech R., Dembicz I., et al. Benchmarking plant diversity of Palaearctic grasslands and other open habitats. *Journal of Vegetation Science*. 2021. Vol. 32(4): e13050.
- Chytrý M., Tichý L., Hennekens S. M. et al. EUNIS Habitat Classification: Expert system, characteristic species combinations and distribution maps of European habitats. *Applied Vegetation Science*. 2020. Vol. 23 (4). P. 648–675.
- Dziuba T., Dubyna D. Database of halophytic and littoral vegetation of Ukraine. *Phytocoenologia*. 2021. Vol. 50, N 4. P. 329–338.
- Kuzemko A. Ukrainian grasslands database. *Biodiversity & Ecology*. 2012. N 4. P. 430.
- Myers N., Mittermeier R. A., Mittermeier C. G., da Fonseca G. A. B. & Kent J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*. 2000. N 403. P. 853–858.
- QGIS Development Team. *QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project*. 2021. <http://qgis.osgeo.org>
- Reid, W. V. Biodiversity hotspots. *Trends in Ecology & Evolution*. 1998. N 13. P. 275–280.
- Shannon C. E. A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*. 1948. N 27. P. 379–423 and P. 623–656.
- Simpson, E. H. Measurement of diversity. *Nature*. 1949. N 163 (4148). P. 688.
- Spellerberg I. F., Peter J. F. A tribute to Claude Shannon (1916–2001) and a plea for more rigorous use of species richness, species diversity and the 'Shannon–Wiener's Index. *Global ecology and biogeography*. 2003. N 12 (3). P. 177–179.
- Tichý L. JUICE, software for vegetation classification. *Journal of Vegetation Science*. 2002. N 13. P. 451–453.
- Tucker C. M., Cadotte M. W., Carvalho S. B., Davies T. J., Ferrier S., Fritz S. A., Grenyer R., Helmus M. R., Jin L. S. A guide to phylogenetic metrics for conservation, community ecology and macroecology: A guide to phylogenetic metrics for ecology. *Biological Reviews*. 2017. N 92 (2). P. 698–715.
- Vynokurov D., Didukh Y., Krasova O. et al. Eastern European Steppe Database. *Vegetation Classification and Survey*. 2020. N 1. P. 149–150.