

DOI: <https://doi.org/10.36885/nzdpm.2023.39.43-56>

УДК 595.71+591.5

Капрусь І.Я.^{1,2}, Мицак О.Я.², Савчак О.Р.²

НАСЕЛЕННЯ КОЛЕМБОЛ БОЛОТНИХ ЕКОСИСТЕМ УКРАЇНСЬКОЇ ЧАСТИНИ МІЖНАРОДНОГО БІОСФЕРНОГО РЕЗЕРВАТУ «РОЗТОЧЧЯ»

Проведено порівняння таксономічної та екологічної структури болотних таксоценів колембол МБР «Розточчя». На дослідженій території виявлено 67 видів колембол, які належать до 43 роду і 12 родин. Представленість раритетного елемента колемболофауни (її унікальність) становить 14,9%. Три види є новими для колемболофауни України (*Cryptonura kühnelti*, *Heteromurus sexoculatus*, *Isotomurus fuscicolus*) і один новий вид – континентальної частини України (*Tetracanthella proxima*). На рівні точкового альфа-різноманіття виявлено від 1 до 13 видів колембол, а центричного альфа-різноманіття – 5-29 видів, що вказує на малу ємність ґрунтового середовища для колембол у болотних екосистемах Розточчя, порівняно з лісовими та лучними. Досліджені таксоцени колембол характеризуються малими та середніми показниками щільності населення, від 0,25 до 9,1 тис. ос./м². З'ясовано, що структура домінування, спектри життєвих форм і біотопних груп болотних таксоценів мають власну специфіку, обумовлену локальними едафічними умовами. Аналіз екологічної структури показав, що за видовим багатством у болотних таксоценах колембол переважають комплекси гігро-мезофільних (31,3% від загальної кількості видів), мезофільних (22,4%), і ксерорезистентних (20,9%) колембол. Досліджені таксоцени включають дев'ять біотопних груп видів. Серед них переважають групи лісових видів (28,9%) і видів, які диференціюють болотний тип екосистем (болотних, навколородних, лучно- і лісоболотних видів). Частка представників другої групи в складі досліджених таксоценів складає 14,9% від загального видового різноманіття і 29,5% від загальної чисельності. Встановлено, що в болотних екосистемах формується змішаний таксоцен колембол, де жодна з біотопних груп не досягає 40% від сумарної чисельності.

Ключові слова: *Collembola*, фауна, МБР «Розточчя», болотні екосистеми, таксономічний склад, екологічна структура.

Міжнародний біосферний резерват «Розточчя» (МБР «Розточчя») розташований у регіоні Розточчя на суміжних територіях Польщі й України. Його загальна площа складає близько 74,8 тис. га. Українська частина МРБ «Розточчя» розташована у Львівській області в межах Головного Європейського вододілу, що розділяє річкові басейни Чорного та Балтійського морів. У 2011 році МБР «Розточчя» включено до світової мережі біосферних резерватів (Біосферний ..., 2016).

Одне з основних завдань цього білатерального резервату – це збереження біорізноманіття. В умовах широкомасштабної гідротехнічної меліорації заболочених територій і функціонування торфової промисловості, особливої актуальності набуває вивчення та збереження біорізноманіття педобіонтів у болотних екосистемах. Важливим компонентом ґрунтової біоти є представники класу колембол (*Collembola*), які характеризуються великим таксономічним і екологічним різноманіттям, відіграють важливу роль у розкладанні органічних речовин і, таким чином, підтримують функціонування різних типів екосистем (Кузнецова, 2005; Норкін, 1997).

Болотні екосистеми є своєрідними рефугіумами торфобіонтних організмів та специфічним оселищем для багатьох рідкісних видів рослин і тварин, які часто не зустрічаються в інших місцях і, тому заслуговують на пріоритетне вивчення. Флора й рослинність болотних екосистем відносно добре вивчена за останні десятиліття. Однак, все-ще мало інформації зібрано спеціалістами про тварин, особливо ґрунтових безхребетних, які населяють це середовище. В літературі можна знайти інформацію лише про окремі групи членистоногих тварин, серед яких і колембол (Väisänen, 1992; Spitzer and Jaros, 1993; Czachorowski and Buczyński, 2000; Oleksa, 2003, Sławska, Sławski, 2009; Sterzyńska, 2002, 2009 та ін.). На території Європейського Союзу детальне вивчення колембол болотних екосистем проведено лише в Польщі (Sławska, Sławski, 2009; Sterzyńska, 2002, 2009). В Україні такі дослідження проведені І. Капрусем (Капрусь, 1990, Капрus, 1998; Чернобай, та ін., 2003) в болотних екосистемах урочища «Заливки» (ПЗ «Розточчя»). Дослідження фауни та екології *Collembola* боліт в інших регіонах України досі не проводилися.

Метою роботи було описати фауну та особливості екологічної структури таксоценів колембол у болотних екосистемах української частини МБР «Розточчя», а також оцінити представленість раритетного компоненту колемболофауни.

Матеріал і методика досліджень

Польові дослідження колембол проведено у 2020, 2021 і 2022 роках на восьми ділянках болотних екосистем (Яворівський район Львівської області) стандартними методами ґрунтово-зоологічних досліджень. Зокрема, у 2020 році ґрунтові проби відібрано на одній ділянці, 2021 – на трьох ділянках і 2022 – на чотирьох ділянках (табл.1). Дані про відносну чисельність виявлених видів колембол було узагальнено за кожен рік у таблиці 2. Досліджені болотні екосистеми належать до перехідного типу (за усним повідомленням науковця Яворівського НПП Любинець І.П.).

На кожній дослідній ділянці було відібрано по 10 проб підстилки та ґрунту за допомогою квадратного біоценометра 10 x 10 см до глибини 10 см (об'єм 1000 см³) з використанням класичних методів дослідження ґрунтових мікроартропод (Dunger, Fiedler, 1997). Потім, у лабораторних умовах, колемболи були виділені з субстрату на апаратах Тульгрена та зафіксовані в 80% етанолі.

На наступному етапі матеріал переносили в рідину Фора на предметних шкельцях і створювали мікропрепарати. Визначення видів колембол проводили за допомогою світлового мікроскопа (Olympus BX51) із використанням сучасних ключів та прийнятої таксономічної системи класу *Collembola* (Bellinger et al., 1996-2023). В результаті проведеної роботи ідентифіковано понад 7,7 тис. особин колембол.

Спектри життєвих форм оцінювали за класифікацією С. Стебаєвої (Стебаєва, 1970). Біотопні (екологічні) групи колембол виділяли згідно підходу І. Капруса (Капрусь, 2013). Структуру домінування таксоценів колембол визначали згідно пропозицій Г. Штокера і А. Бергмана (Stöcker, Bergmann, 1977): еудомінанти (31,7 – 100 % від загальної чисельності таксоцену), домінанти (10,1 – 31,6%), субдомінанти (3,2 – 10,0%), рецеденти (1,1 – 3,1%), субрециденти (0 – 1,0%).

Категорії інвентаризаційного різноманіття прийняті за Р. Уїттекером (Whittaker, 1977) із інтерпретацією І. Капруса (Капрусь, 2013). Зокрема, точкове альфа-різноманіття (*αα*) оцінювали як середнє видове різноманіття на одну ґрунтову пробу об'ємом 1000 см³; ценотичне альфа-різноманіття (*αβ*) – як видове різноманіття у серії

з 10 ґрунтових проб зазначеного розміру, відібраних у кожному з восьми варіантів болотних біоценозів (ценотична фауна). Спеціалізованість таксоценів колембол була оцінена за критеріями Н. Кузнецової (Кузнецова, 2005). Параметри різноманіття і статистичне опрацювання матеріалу здійснювали за допомогою програми Past доступної через мережу інтернет (Hammer et al., 2001). Для аналізу екологічної структури населення колембол використовували стандартизовані синекологічні показники та методи кількісного аналізу (Magurran, 2004).

Таблиця 1

Характеристика досліджених болотних екосистем (БЕ)

№ БЕ	Дата збирання матеріалу	Адміністративна локалізація	Землекористувач	Географічні координати
2020 рік				
1	18 грудня	Поблизу с. Верещиця (Яворівський р-н)	Яворівський національний природний парк	49°98'09" пн. ш. 23°66'64" сх. д.
2021 рік				
2	22 квітня	Околиці м. Новояворівськ	ДП «Рава-Руський лісгосп» (Новояворівське лісництво)	49°92'19" пн. ш. 23°56'19" сх. д.
3	22 квітня	Хутір Стадники (Яворівський р-н)	ДП «Рава-Руський лісгосп» (Новояворівське лісництво)	49°92'61" пн. ш. 23°53'56" сх. д.
4	22 квітня	Поблизу с. Верещиця (Яворівський р-н)	Яворівський національний природний парк	49°98'09" пн. ш. 23°66'64" сх. д.
2022 рік				
5	25 вересня	Околиці м. Новояворівськ	ДП «Рава-Руський лісгосп» (Новояворівське лісництво)	49°92'19" пн. ш. 23°56'19" сх. д.
6	25 вересня	Околиці м. Немирів (заповідне урочище «Немирів»)	ДП «Рава-Руський лісгосп» (Новояворівське лісництво)	50°11'51" пн. ш. 23°40'32" сх. д.
7	25 вересня	Поблизу с. Верещиця (Яворівський р-н)	Яворівський національний природний парк	49°98'09" пн. ш. 23°66'64" сх. д.
8	25 вересня	Поблизу смт Івано-Франкове	ПЗ «Розточчя»	49°94'99" пн. ш. 23°73'55" сх. д.

На основі проведених досліджень були визначені такі параметри таксоценів колембол: 1) видовий склад і представленість родин, 2) відносна чисельність і щільність населення, 3) основні показники біорізноманіття, 4) якісний склад і відносна чисельність домінуючих видів, 5) спектри екологічних груп, 6) коефіцієнт різноманіття Q (метод Q-статистики), 7) представленість раритетного компоненту колемболофауни.

Результати досліджень та обговорення

Видове різноманіття, щільність населення і представленість родин. В результаті проведених досліджень виявлено 67 видів колембол, які належать до 43 родів і 12 родин (табл. 2). Це становить 22,5% колемболофауни зони широколистяних лісів України та 35,5% колемболофауни Розточчя (Капрусь, 2013). Для порівняння зазначимо, що в різних типах болотних екосистем Польщі за восьмирічний період досліджень виявлено сумарно 106 видів (Sławska, Sławski, 2009), тобто всього в 1,6 разів більше, ніж на дослідженій території.

Таблиця 2

Таксономічний склад, відносна чисельність (у % від загальної чисельності таксоцену) та екологічна характеристика таксоценів колембол досліджених болотних екосистем

Вид, рід, родина	Рік збирання матеріалу			Екологічна характеристика
	2020	2021	2022	
Родина HYPOGASTRURIDAE Börner, 1906				
<i>Ceratophysella denticulata</i> Bagnall, 1941		0,3	15,9	К-Млчс(вп)
<i>Ceratophysella mosquensis</i> Becker, 1905		1,7	26,2	Глчб(вп)
<i>Ceratophysella silvatica</i> Rusek, 1964		0,1		Г-Млс(вп)
<i>Choreutinula inermis</i> (Tullberg, 1871)	0,2			Клс(к)
<i>Hypogastrura assimilis</i> (Krausbauer, 1898)			0,1	Млч(вп)
<i>Schoettella ununquiculata</i> (Tullberg, 1869)	0,2			Клс(к)
<i>Willemia anophthalma</i> Börner, 1901		0,1	3,3	Г-Млс(гг)
<i>Willemia denisi</i> Mills, 1932			0,2	Млс(гг)
<i>Xenylla brevisimilis</i> Stach, 1949	1,0			Клчс(к)
Родина NEANURIDAE Börner, 1901				
<i>Cryptonura kuhnelti</i> (Gisin, 1954)*			0,1	Г-Млс(пг)
<i>Friesea truncata</i> Cassagnau, 1958	0,6	1,2	9,7	Г-Млл(нп)
<i>Micranurida granulata</i> Agrell, 1943			1,1	Млс(пг)
<i>Micranurida pygmaea</i> Börner, 1901		0,1		Клчс(пг)
<i>Neanura minuta</i> Gisin, 1963	0,8			Клс(к)
<i>Neanura muscorum</i> (Templeton, 1835)		0,2	1,1	Млс(пг)
<i>Pseudachorutes dubius</i> Krausbauer, 1898		0,1		Г-Млс(вп)
<i>Pseudachorutes parvulus</i> Börner, 1901		0,1		Млс(вп)
Родина ONYCHIURIDAE Börner, 1909				
<i>Micraphorura absoloni</i> (Börner, 1901)		0,6	4,8	Г-Млс(гг)
<i>Protaphorura armata</i> (Tullberg, 1869)	0,8			Г-Млл(вг)
<i>Protaphorura subarmata</i> (Gisin, 1957)		1,9		Ее(вг)
Родина TULLBERGIIDAE Bagnall, 1935				
<i>Mesaphorura florum</i> Simon, et al., 1994			0,2	Ее(гг)
<i>Mesaphorura yosii</i> (Rusek, 1967)		0,2	2,0	Млс(гг)
Родина ISOTOMIDAE Schäffer, 1896				
<i>Desoria blekeni</i> (Leinaas, 1980)			0,1	Г-Млсб(вп)
<i>Desoria tigrina</i> Nicolet, 1842		0,1		Млл(вп)
<i>Desoria trispinata</i> Mac Gillivray, 1896		0,3		Глчб(вп)
<i>Folsomia manolachei</i> Bagnal, 1939	11,1		0,1	Ее(пг)
<i>Folsomia penicula</i> Bagnal, 1939	17,0			Млс(пг)

<i>Isotomiella minor</i> Schäffer, 1895		2,0		Г-Млл(вг)
<i>Isotomurus fucicolus</i> Schott, 1893*		25,9		Гнв(вп)
<i>Isotomurus palustris</i> (Müller, 1776)	5,3	0,7		Гнв(н)
<i>Parisotoma notabilis</i> Schäffer, 1896	7,7	5,1	11,0	Ее(нп)
<i>Proisotoma minima</i> Absolon, 1901			1,3	Г-Млс(нп)
<i>Scutisotoma armeriae</i> (Fjellberg, 1976)			2,1	Гб(вп)
<i>Tetracanthella proxima</i> Steiner, 1955**	0,2			Клс(к)
Родина TOMOCERIDAE Schäffer, 1896				
<i>Plutomurus carpathicus</i> Rusek & Weiner, 1978			9,3	Млс(нп)
<i>Pogonognathellus flavescens</i> Tullberg, 1871	0,2	2,1	1,7	Г-Млл(нп)
<i>Tomocerina minuta</i> (Tullberg, 1876)	0,8			Млс(нп)
<i>Tomocerus minor</i> (Lubbock, 1862)			0,7	К-Млл(нп)
<i>Tomocerus vulgaris</i> (Tullberg, 1871)		0,1		К-Млл(нп)
Родина ENTOMOBRYIDAE Schött, 1891				
<i>Entomobrya corticalis</i> Nicolet, 1841	34,8			Клс(к)
<i>Entomobrya marginata</i> Tullberg, 1871	0,2			Ее(вп)
<i>Entomobrya multifasciata</i> Tullberg, 1871	1,4			Клчс(вп)
<i>Entomobrya nivalis</i> (Linnaeus, 1758)		0,2		Клс(к)
<i>Heteromurus nitidus</i> (Templeton, 1835)		0,2		К-Млл(пг)
<i>Heteromurus sexoculatus</i> Brown, 1926*	0,4			К-Млл(пг)
<i>Lepidocyrtus lanuginosus</i> (Gmelin, 1788)	0,2	0,3		Ее(вп)
<i>Lepidocyrtus lignorum</i> (Fabricius, 1775)	1,2	1,2	2,3	Ее(вп)
<i>Lepidocyrtus cyaneus</i> Tullberg, 1871			0,2	Млч(вп)
<i>Orchesella albofasciata</i> Stach, 1960	13,4			Клчс(а)
<i>Orchesella viridilutea</i> Stach, 1937	0,8			Глчб(а)
<i>Orchesella sphagneticola</i> Stach, 1960		0,2		Глчб(а)
<i>Pseudosinella alba</i> Packard, 1873		0,2		Клчс(пг)
<i>Pseudosinella horaki</i> Rusek, 1985		0,2		Млл(нп)
Родина NEELIDAE Folsom, 1896				
<i>Megalothorax minimus</i> Willem, 1900		1,7		Г-Млс(гг)
<i>Neelides minutus</i> (Folsom, 1901)			5,0	Г-Млл(гг)
Родина SMINTHURIDIDAE Börner, 1906				
<i>Sminthurides schoetti</i> Axelson, 1903		2,6		Глчб(н)
<i>Sphaeridia pumilis</i> Krausbauer, 1898	1,2	2,2	0,1	Млч(вп)
Родина KATIANNIDAE Börner, 1913 sensu Bretfeld, 1999				
<i>Sminthurinus aureus</i> Lubbock, 1862		11,3		Г-Млчб(вп)
<i>Sminthurinus elegans</i> (Fitch, 1863)		0,3		К-Млл(вп)
Родина SMINTHURIDAE Lubbock, 1862 sensu Deharveng, 2004				
<i>Allacma fusca</i> Linnaeus, 1758		0,6		Г-Млл(а)
<i>Capraïnea marginata</i> Schött, 1893		16,6	0,7	Глл(вп)
<i>Lipothrix lubbocki</i> Tullberg, 1872		14,3		Г-Млс(вп)
<i>Sminthurus maculatus</i> Tömösvary, 1883	0,3			Клчс(а)
Родина DICYRTOMIDAE Börner, 1906 sensu Deharveng, 2004				
<i>Dicyrtoma fusca</i> Lubbock, 1873		0,9		Г-Млл(а)
<i>Dicyrtomina minuta</i> Fabricius, 1783		1,2		Г-Млл(а)
<i>Dicyrtomina ornata</i> Nicolet, 1842		2,1		Г-Млл(а)
<i>Ptenothrix setosa</i> Krausbauer, 1898		0,9		Г-Млс(а)
Загальна чисельність (%)	100	100	100	
Всього 67 видів:	23	39	25	

Примітки: Зібраний матеріал колембол узагальнено по роках: у 2020 році ґрунтові проби зібрано на одній ділянці, 2021 – на трьох ділянках і 2022 – на чотирьох ділянках (див. розділ «Матеріал і методи досліджень»). Сірим кольором позначено домінуючі види. Екологічні групи видів: комплекси видів *гігропреферентуму*: ксерорезистентних (К), ксеро–мезофільних (К–М), мезофільних (М), гігро–мезофільних (Г–М), еврибонтних (Е); *біотопні групи видів*: лісових (лс), лучних (лч), лучно–степових (лчс), лісо–лучних (лл), лісо–болотних (лсб), навколводних (нв), болотних (б), лучно–болотних (лчб), евритопних (е); *підгрупи життєвих форм (біоморфи)*: атмобіонтної (а), кортицикольної (к), нейстонної (н), верхньопідстилкової (вп), нижньопідстилкової (нп), підстилково–ґрунтової (пг), верхньоґрунтової (вг), глибокоґрунтової (гг) біоморф. * – вид, який уперше вказано для фауни України; ** – вид, який уперше вказано для континентальної частини України.

Натомість, в урочищі «Заливки» на Розточчі одноразове дослідження колембол в семи типах болотних екосистем дозволило виявити 57 видів колембол (Kargus, 1998). Лише в одній із досліджених болотних екосистем траплялися 31 видів або 46,3% із усіх виявлених форм колембол за весь період дослідження. Найбільше таких видів (всього 14) виявлено в болотній екосистемі №1, що можливо пов'язано з безсніжним, сухим і теплим місяцем збирання матеріалу в 2020 році (табл.2). Шість таких видів (*C. kühneli*, *H. assimilis*, *L. cyaneus*, *W. denisi*, *P. minuta*, *D. blekeni*) виявлено в болотній екосистемі №6, по три – в № 3 і 4, по два – № 2 і 5 та лише один – № 8.

В одній ґрунтовій пробі (точкове альфа–різноманіття) в середньому зафіксовано від 1 до 13 видів колембол (в середньому 6), а досліджені ценотичні фауни (ценотичне альфа–різноманіття) охоплюють 5–29 видів (в середньому 20) (табл. 3). Встановлені рівні точкового та ценотичного різноманіття колембол у болотних таксоценах дослідженого регіону вказують на малу ємність ґрунтового середовища для цих педобіонтів, порівняно з лісовими та лучними (Капрусь, 2013).

В результаті виконаних досліджень встановлено, що показник середньої щільності болотних таксоценів колембол варіює в широкому діапазоні значень (табл. 3). Широкий діапазон варіювання щільності колембол може залежати від місцевих екологічних умов, і насамперед, від вологості та фізико–хімічних властивостей ґрунтового субстрату, які є основними чинниками розвитку цих ґрунтових безхребетних. Зокрема, як показують літературні дані (Чернобай та ін., 2003), на добре зволжених ділянках болотних екосистем урочища «Заливки» на Розточчі щільність таксоценів колембол становила 49,6 тис. ос./м², а на сухих – всього 9,9 тис. ос./м². Причому, максимальна щільність колембол була зафіксована при найменшій кількості видів (всього 22) в ґрунті болотного вербняка «Заливок», тоді як мінімальна щільність – березово–щучникового рідколісся, де виявлено 32 види.

Як видно з таблиці 3, найбільше показник щільності таксоцену колембол варіював у 2022 році. На досліджених ділянках болотних екосистем у 2022 році він відрізнявся у 21 разів, а за весь період збирання матеріалу в 2020–22 роках – у понад 36 разів.

У досліджених болотних таксоценах колембол за видовим багатством і відносною чисельністю найчастіше переважають родини Entomobryidae та Isotomidae (в середньому за весь період досліджень – 14 і 12 видів відповідно та 19,1 і 30% від загального числа особин) (табл. 2). Третю позицію у ряду зменшення представленості в болотному таксоцені за цими показниками посідає родина Hynogastruridae (9 видів; 16,4%). Наступними в цьому ряду є родини Neanuridae (8 видів і 5%) і Smanthuridae (4

види і 10,8%) і Tomoceridae (5 видів і 5%). Решта родин представлені або меншою кількістю видів або особин.

Згідно літературних даних (Капрусь, 2010) досліджену болотну фауну можна віднести до «ізотомідно-ентомобріїдного» типу. Цей тип фауни характерний для помірного і більшості регіонів субтропічного поясів. У широтно-зональних рядах від Арктики до субтропіків частка домінуючої родини Entomobryidae різко зростає від 8% до 29% видового багатства регіональної фауни. Натомість інша домінуюча родина Isotomidae у цьому напрямку втрачає свої позиції щодо представленості у регіональних фаунах, але продовжує утримувати 1 або 2 місця. Цікаво, що родини Hurogastruridae, Neanuridae і Isotomidae є еволюційно архаїчнішими, порівняно із Entomobryidae і Sminthuridae та екологічно більше пов'язані з вологими ґрунтовими та підстилковими субстратами. Натомість, представники родин Entomobryidae і Sminthuridae мають спеціальні адаптації для життя у трав'яному ярусі аридних ландшафтів (Капрусь, 2010).

Таблиця 3

Параметри різноманіття досліджених болотних таксоценів колембол

Показники	Узагальнені дані за роками відбирання проб		
	2020	2021	2022
Щільність, тис. екз./м ²	7,1	6,1-9,1 (7,5)	0,25-5,26 (1,58)
Точкове альфа-різноманіття, в середньому видів/проба	6,2	7,8-10 (8,9)	2,0-4,8 (2,8)
Ценотичне альфа-різноманіття (S), всього видів у серії з 10 проб	23	21-29 (26)	5-16 (11)
Індекс Сімпсона (1-D)	0,8	0,4-0,8 (0,7)	0,5-0,8 (0,7)
Індекс Шеннона (H')	2,0	0,9-2,4 (1,8)	1,2-1,9 (1,6)
Вирівняність за H' (J)	0,7	0,3-0,7 (0,6)	0,4-0,9 (0,7)
Вирівняність (e ^{H/S})	0,3	0,1-0,4 (0,3)	0,2-0,9 (0,6)
Індекс Бергера-Паркера (d)	0,4	0,3-0,8 (0,5)	0,3-0,6 (0,4)
Індекс Менхініка (IMe)	2,3	1,5-3,5 (2,8)	0,5-1,7 (1,1)
Індекс Маргалєфа (IMa)	4,8	3,8-6,3 (5,5)	0,9-3,5 (2,1)
Індекс Фішер-альфа (IFa)	9,4	6,1-18,6 (14,1)	1,1-5,9 (3,2)

Примітки: Характеристику болотних екосистем наведено у розділі «Матеріал і методи». У дужках вказано середнє значення показника.

Раритетний компонент колемболофауни. Рідкісні та унікальні види ґрунтових тварин, як відомо, є найціннішим еколого-фауністичним і природоохоронним ресурсом. Вони можуть свідчити про історію регіональної фауни, рівень натуральності як окремих таксоценів тварин, так і екосистем у цілому, а також наявний біотичний потенціал ґрунтів для його відтворення у майбутньому. Ці види можна розглядати як біомаркери природоохоронної цінності ґрунтової біоти в конкретних едафотопах (Капрусь, Гоблик, 2015). Такі види в спеціальній літературі прийнято називати «видами-мішенями», які можуть бути використаними для охорони конкретних біоценозів. Запропонований підхід дозволяє локалізувати осередки унікального

різноманіття ґрунтової біоти, інвентаризувати найцінніші з природничої точки зору її елементи, а також розробити пропозиції для оптимізації регіональної природоохоронної мережі.

До цінних (раритетних) елементів ґрунтової фауни за літературними даними (Капрусь, Гоблик, 2015) було віднесено такі категорії таксонів: 1) види з «Червоної книги України», 2) види в типових оселищах (loci typici), 3) ендемічні види, 4) реліктові таксони, 5) локально поширені монтанні види, 6) види на межі свого ареалу в районі дослідження, 7) дезюнктивні зоогеографічні елементи (найчастіше бореомонтанні), а також 8) рідкісні види, які відомі з кількох місць у світі.

За результатами проведеного аналізу встановлено три нових види для колемболофауни України (*C. kuhneli*, *H. sexoculatus*, *I. fuscicolus*) і один новий вид для – континентальної частини України (*T. proxima*). Перший і четвертий види можуть бути віднесені до категорії 8 за класифікацією І. Капруса і К. Гоблика (Капрусь, Гоблик, 2015), другий і третій – категорії 6. Крім них, до раритетних видів району дослідження можна віднести *O. sphagneticola* (категорія 8) *O. viridilutea* (категорія 5), *O. albofasciata* (категорія 3), *Desoria blekeni* (категорія 6) *Micranurida granulata* (категорія 7) *Plutomurus carpathicus* (категорія 5).

Отже, 10 видів колембол можна віднести до п'яťох категорій рідкісних видів. Представленість раритетного елемента колемболофауни становить 14,9%, що є високим показником унікальності досліджених болотних екосистем.

Структура домінування і якісний склад домінантів. Встановлено, що до складу масових колембол (еудомінантів, домінантів, субдомінантів) за узагальненими даними в досліджених болотних таксоценах належить 17 видів (табл. 2). Разом із літературними даними щодо болотних таксоценів колембол «Заливок» (Чернобай та ін., 2003) таких видів сумарно виявлено 24. Іншими видами домінантів, які виявлені тільки в «Заливках» були *S. pumilis*, *I. minor*, *S. armeriae*, *F. quadrioculata*, *S. schoetti*, *F. mirabilis*, *Protaphorura subarmata*.

Серед групи масових видів виявлено лише один еудомінант *E. corticalis* за трирічними результатами дослідження (табл. 2). Однак, якщо проаналізувати структуру домінування у кожному з 8 досліджених таксоценів колембол, то таких еудомінантів було всього чотири види. Крім *E. corticalis*, еудомінантами були також *I. fuscicolus* (72,3% від загальної чисельності таксоцену колембол, болотна екосистема №2), *C. mosquensis* (40%, № 7) і *C. denticulata* (65,6%, № 5). Серед домінантів та субдомінантів в окремих болотних екосистемах були додатково *P. flavescens* (22%, № 8), *L. lignorum* (16%, № 8), *C. marginata* (29,1%, № 3), *N. muscorum* (18%, № 8), *A. granulata* (4,2%, № 4). Це може свідчити про велику контрастність едафічних умов у болотних екосистемах дослідженого регіону.

У конкретних болотних таксоценах колембол встановлено від 4 (№ 3) до 10 (№ 5) масових видів, на частку яких належить до 92% загальної чисельності населення колембол (табл. 2). Не виявлено жодного виду колембол, який би одночасно домінував в усіх вісьмох досліджених екосистемах. У п'ятьох з них домінували *P. notabilis*, у чотирьох – *F. truncata*, *C. mosquensis*, у трьох – *P. carpathicus*, *P. flavescens*, *L. lignorum* і *S. aureus*. Решта масових видів домінували в двох або одній болотній екосистемах. Це підтверджує припущення про велику специфічність екологічних умов болотних екосистем, які локально поширені на невеликих за площею ділянках даного регіону.

Синекологічні індекси різноманіття таксоценів. Досліджені таксоцени колембол є дуже відмінними за екологічною структурою. Зокрема, у таблиці 3 наведені значення непараметричних індексів різноманіття, які дають можливість поглибити уявлення про синекологічну структуру досліджених таксоценів колембол. Аналіз даних показує, що загальне видове багатство (S) болотних таксоценів колембол є дуже різним. Значення індексів, які поєднують видове багатство і кількість особин у кожному таксоцені або (N) також помітно відрізняються (I_{Me}, I_{Ma}, I_{Fa}).

Однак, як свідчать дані з таблиці 2, навіть узагальнена відносна чисельність окремих видів колембол є дуже різною. Зокрема, за узагальненими даними в болотній екосистемі № 1 таксоцен колембол налічує 15 із 23 дуже рідкісних видів із відносною чисельністю менше 1,1%, в екосистемах № 2-4 їх є в середньому 23 із 29, а в екосистемах № 5-8 відповідно 10 з 25. Так само різною є кількість рідкісних видів із відносною чисельністю меншою ніж 3,1% (табл. 2). Ці кількісні відмінності відображаються у дуже різних значеннях індексів D і H' в болотних таксоценах, а також показниках вирівняності чисельності видів J і e^N/S. Зокрема, індекс Бергера–Паркера вказує на велику розбіжність у чисельності між масовими і рідкісними видами в досліджених таксоценах колембол, хоча за середніми даними цей показник звужується до діапазону значень 0,4-0,5. Отже, традиційні індекси біорізноманіття добре описують відмінності досліджених таксоценів колембол. Як було зазначено вище, значна відмінність болотних таксоценів колембол дослідженого регіону ймовірно пов'язана з специфікою едафічних умов під цими локально поширеними біоценозами.

Спектри екологічних груп. Класифікацію польових гігропреферendumів колембол у межах лісового поясу Східної Європи запропонувала Н. Кузнецова (Кузнецова, 2005). Вона виокремила чотири групи видів за їх відношенням до вологості середовища: гігрофільні, мезофільні, ксерорезистентні і група без вираженого гігропреферendumу. Ці групи вона додатково поділила на п'ять підгруп, зокрема мезо–гігрофільних, ксеро–мезофільних, власне мезофільних і ін. І. Капрусь (Капрусь, 2013; Капрусь, Махлинець, 2015) запропонував виділені нею групи і підгрупи гігропреферendumу вважати категоріями вищого порядку рівня комплексів біотопних груп. У складі кожного комплексу він запропонував виділяти власне біотопні групи видів (евритопних, лісових, лучних, лісо–лучних, степових, лучно–степових і ін.), а також підгрупи видів, які відповідають основним життєвим формам колембол (атмобіонтної, кортицикольної, верхньопідстилкової, нижньопідстилкової, верхньогрунтової, глибокогрунтової та ін.). Аналіз екологічних груп колембол на території зони широколистяних лісів України, до якої входить і МБР «Розточчя», який проведений І. Капрусем і Т. Махлинець (Капрусь 2013, Капрусь, Махлинець, 2015), дозволив виділити шість комплексів видів польового гігропреферendumу (гігрофільний, гігро-мезофільний, мезофільний, ксеро–мезофільний, ксерорезистентний, еврибіонтний), сім біотопних груп видів (лісових, лучних, лучно–степових, лісо–лучних, лучно–болотних, навколоводних, евритопних) і дев'ять підгруп життєвих форм (атмобіонтна, кортицикольна, синекоморфна, нейстонна, верхньопідстилкова, нижньопідстилкова, підстилково–грунтова, верхньогрунтова, глибокогрунтова).

На основі узагальнення матеріалу, зібраного за три роки досліджень встановлено (табл. 2), що за видовим багатством у болотних таксоценах колембол переважають

комплекси гігро-мезофільних (31,3% від загальної кількості видів), мезофільних (22,4%), і ксерорезистентних (20,9%) колембол. Це є дещо непередбачуваним результатом наших досліджень із огляду на надмірний режим зволоження болотних екосистем. Однак, причиною такої представленості різко відмінних за гігропреферендумом видів колембол у досліджених оселищах може бути контрастність екологічних умов як у різні сезони року, так у різних ярусах цих екосистем.

Таблиця 4

Відносна чисельність (%) екологічних груп видів у болотних таксоценозах колембол

Екологічна група	Узагальнені дані за роками відбирання матеріалу			Середня представленість екологічних груп
	2020	2021	2022	
<i>Комплекс видів гігропреферендуму</i>				
Е	20,4	8,5	13,6	14,2
Г	6,1	48	29	27,7
Г-М	1,6	38,3	26	21,9
М	19	3	14,1	12,1
К-М	0,4	0,9	16,6	5,9
К	52,3	0,5	-	17,6
<i>Біотопна група</i>				
е	20,4	8,5	13,6	13,5
б	-	-	2,1	0,7
лчб	0,8	16,1	26,2	15,1
лсб	-	-	0,2	3,1
нв	5,3	26,6	-	10,6
лс	54	18,5	23,2	28,9
лл	2	26,6	17,7	15,4
лч	1,2	2,2	0,4	1,3
лчс	16,1	0,6	15,9	10,9
<i>Підгрупа життєвих форм (біоморф)</i>				
а	14,5	5	-	6,5
к	37,2	0,2	-	12,5
н	5,3	3,3	-	2,9
вп	4,2	74,8	47,7	42,2
нп	9,3	8,7	33,7	17,2
пг	28,5	0,7	2,4	10,5
вг	0,8	3,9	-	1,6
гг	-	2,5	15,5	6,1

Примітки: Характеристику болотних екосистем наведено в розділі «Матеріал і методи». Повні назви екологічних груп колембол описані в таблиці 2. Сірим кольором виділені три домінуючі екологічні групи.

Ймовірно, що ця особливість болотних екосистем збільшує кількість потенційних екологічних ніш для заселення різними за вимогами до вологості видів колембол. Варто підкреслити також значну представленість і гігрофільних видів колембол (13,4%), які найкраще диференціюють досліджений тип екосистем. Разом із гігромезофільними видами вони утворюють ядро «вологолюбних» видів, яке представлено майже 50% видового різноманіття дослідженого болотного таксоцену колембол.

Болотні таксоцени колембол МБР «Розточчя» містять за узагальненими даними дев'ять біотопних груп видів (табл. 2). Їхнє співвідношення у конкретних едафотопах має власну специфіку обумовлену, насамперед, представленістю так званих диференціюючих (спеціалізованих для існування у певному типі едафотопу, наприклад, для болотних угруповань – болотних, навколоводних, лучно- чи лісоболотних видів). Зокрема, в досліджених болотних таксоценах колембол сумарно виявлено – 14,9% болотних, навколоводних, лучноболотних і лісоболотних видів. Серед них частка власне болотних видів дуже мала, всього 1,5%. Цікаво, що за показником відносної чисельності (табл. 4) ці біотопні групи видів у болотних едафотопах представлені в два рази більше (сумарно 29,5%).

На основі аналізу узагальнених даних про відносну чисельність екологічних груп колембол у болотних таксоценах колембол встановлено, що переважають гігрофільний, гігромезофільний і ксерорезистентний комплекси видів, лісова, лісолучна та лучно-болотна біотопні групи видів, а також верхньопідстилкова, нижньопідстилкова та кортицикольна життєві форми (табл. 4). Причому, у різні роки та у різних болотних таксоценах кількісна ієрархія екологічних груп колембол дуже відрізняється. Незважаючи на це, за даними середньої представленості екологічних груп колембол за весь період дослідження можна зробити висновок, що в досліджених болотних екосистемах формується змішаний таксоцен колембол за класифікацією Н. Кузнецової (Кузнецова, 2005), де жодна з біотопних груп не досягає 40% від сумарної чисельності. Цікаво, що такі таксоцени колембол найчастіше характерні для антропогенно порушених екосистем. Однак, причиною такої змішаності біотопних груп колембол у болотних екосистемах Розточчя є невелика площа, яку вони займають і перебування із лісовими та лучними фітоценозами. Це сприяє активному проникненню у це специфічне оселище видів колембол, які екологічно пов'язані з лісами й відкритими ландшафтами.

Висновки

На основі проведених досліджень можна зробити висновок, що характерною особливістю болотних таксоценів колембол МБР «Розточчя» є їхня велика специфічність за таксономічною і екологічною структурою. Значні відмінності досліджених таксоценів пов'язані, насамперед, із видовим складом, щільністю населення, структурою домінування, а також представленістю біотопних груп і життєвих форм колембол.

Встановлено 67 видів колембол, які належать до 43 родів і 12 родин. На рівні точкового альфа-різноманіття (грунтова проба) виявлено від 1 до 13 видів колембол (в середньому 6), а ценотичного альфа-різноманіття (ценотична фауна) – 5-29 видів, що вказує на малу ємність ґрунтового середовища для колембол у болотних екосистемах Розточчя, порівняно з лісовими та лучними. Досліджені таксоцени колембол

характеризуються малими та середніми показниками щільності населення, від 0,25 до 9,1 тис. ос./м².

Представленість раритетного елемента колемболофауни (її унікальність) становить 14,9%. Десять видів колембол віднесено до п'ятьох категорій рідкісних видів (ендемичні види, локально поширені монтанні види, види на межі свого ареалу в районі дослідження, дезюнктивні зоогеографічні елементи, рідкісні види, які відомі з кількох місць у світі). З них три види є новими для колемболофауни України (*C. kühmelti*, *H. sexoculatus*, *I. fucicolus*) і один новий вид – континентальної частини України (*T. proxima*).

Виявлено, що до кола масових видів (еудомінантів, домінантів, субдомінантів) досліджених таксоценів МБР «Розточчя» входило за весь період досліджень 17 таксонів колембол. У конкретних їхніх варіантах встановлено від 4 до 10 масових видів, на частку яких належить до 92% чисельності досліджених таксоценів. Це свідчить про великий рівень концентрації домінування декількома масовими видами на тлі малої чисельності рідкісних колембол. Не виявлено жодного виду колембол, який би одночасно домінував в усіх вісьмох досліджених болотних екосистемах. Найчастіше домінували *P. notabilis*, *F. truncata* та *C. mosquensis*.

Аналіз екологічної структури показав, що за видовим багатством у болотних таксоценах колембол переважають комплекси гігро-мезофільних (31,3% від загальної кількості видів), мезофільних (22,4%), і ксерорезистентних (20,9%) колембол. Досліджені таксоцени включають за узагальненими даними дев'ять біотопних груп видів. Серед них переважають групи лісових видів (28,9%) і видів, які диференціюють болотний тип екосистем (болотних, навколководних, лучно- і лісоболотних видів). Частка представників другої групи в складі досліджених таксоценів складає 14,9% видового різноманіття. Однак, за показником відносної чисельності друга група видів має 29,5%.

За узагальненими багаторічними даними встановлено, що в болотних екосистемах формується змішаний таксоцен колембол, де жодна з біотопних груп не досягає 40% від сумарної чисельності. Такі таксоцени колембол найчастіше характерні для антропогенно порушених екосистем. Висловлено припущення, що причиною такої змішаності біотопних груп колембол у болотних екосистемах Розточчя може бути невелика площа, яку вони займають і межування із лісовими та лучними фітоценозами.

Біосферний резерват «Розточчя». 2016. Львів : Департамент екології та природних ресурсів Львівської облдержадміністрації. 40 с.

Капрусь І.Я. 1990. Фауна ногохвосток (*Collembola*) пойми реки Верещицы. *Каталог музейных фондов. Сборник научных трудов*. Львів. С. 102–124.

Капрусь І.Я. 2003. Ногохвостки (*Collembola*) Вольно-Подолья, в Чернобай Ю. и др. *Экология и фауна беспозвоночных западного Вольно-Подолья*. Київ : Наук. думка. С. 100–172.

Капрусь І.Я. 2010. Таксономічна структура і типологія регіональних фаун ногохвісток (*Collembola*) Євразії. *Наукові записки Державного природознавчого музею*. Вип. 26. С. 39–50.

Капрусь І.Я. 2013. *Хорологія різноманіття колембол (філогенетичний, типологічний і фауністичний аспекти)*. Дисертація доктора наук, Інститут зоології НАН України. Київ. 497 с.

- Капрусь І.Я., Гоблик К.М. 2015. Екологічна та соціологічна оцінка ґрунтів Закарпатської низовини за угрупованнями колембол. *Наукові записки Державного природознавчого музею*. Вип. 31. С. 45–58.
- Капрусь І.Я., Махлинець Т.М. 2015. Особливості фауни й населення колембол правобережного сектору лісостепової зони України. *Наукові записки Державного природознавчого музею*. Вип. 31. С. 59–72.
- Кузнецова Н.А. 2005. Организация сообществ почвообитающих коллембол. Москва : ГНО Прометей. 244 с.
- Стебаева С.К. 1970. Жизненные формы ногохвосток (Collembola). *Зоол. журн.* Т. 44 № 10. С. 1437–1454.
- Чернобай Ю.Н., Капрусь І.Я., Меламуд В.В., Ризун В.Б. 2003. Педокомплексы беспозвоночных в системе биогеоценологических связей. В: Чернобай и др. Экология и фауна беспозвоночных западного Вольно-Подолья. Київ : Наук. думка. С. 271–354.
- Bellinger P.F., Christiansen K.A., Janssens F. 1996–2023. Checklist of the Collembola of the World [online]. Доступне <http://www.collembola.org> [Дата звернення 16 травня 2023 року].
- Czachorowski S., Buczyński P. 2000. Zagrożenia i ochrona owadów wodnych w Polsce. *Wiadomości Entomologiczne*. Vol. 18, Supl. 2. P. 95–120.
- 13.. Dunger W., Fiedler H.J. (Hrsg.) 1997. Methoden der Bodenbiologie. Gustav Fischer Verlag Jena, Villengang. 539 pp.
- Hopkin S.P. 1997. Biology of the springtails (Insecta: Collembola). Oxford, New York, Tokyo : Oxford University press. 330 pp.
- Hammer I., Harper D.A.T., Ryan P.D. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis [online]. *Palaeontologia Electronica*. Vol. 4 № 1. 9 p. Доступне: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm [Дата звернення 16 травня 2023 року].
- Kaprus I.J. 1998. The fauna of springtails (Collembola) from selected habitats in Roztocze. *Fragmenta faunistica*. Vol. 41 No 3. P. 15–28.
- Magurran A.E. 2004. Measuring Biological Diversity. Blackwell Publishing Ltd, UK. 256 pp.
- Oleksa A. 2003. Wymagania środowiskowe i struktura metapopulacji dostożki akwilonaris *Boloria aquilonaris* Stichel, 1908 (Lepidoptera, Nymphalidae) na Pojezierzach Hawskim i Olsztyńskim. Rozprawa doktorska. Toruń : Instytut Ekologii i Ochrony Środowiska UMK. 80 s.
- Sławska M., Sławski M. 2009. Springtails (Collembola, Hexapoda) in Bogs of Poland. Warsaw : Warsaw University of Life Sciences Press. 83 p.
- Sterzyńska M. 2002. Collembola of the hydrogenic soils of Biebrza River valley, in *Studies on Soil Fauna in Central Europe* (Tajovský, K., Balik, V., Pižl V. red.). České Budějovice : Institute of Soil Biology ASCR. P. 207-212.
- Sterzyńska M. 2009. Assemblages of soil Collembola in wetlands in the floodplains of some Polish rivers. Warszawa : Museum and Institute of Zoology PAS. 96 p.
- Spitzer K., Jaros J. 1993. Lepidoptera associated with the Cervene Blato (Central Europe): Conservation implication. *European Journal of Entomology*. Vol. 90. P. 323–336.

- Stöcker G., Bergmann A. 1977. Ein Modell der Dominanzstruktur und seine Anwendung. In Modellbildung, Modellrealisierung, Dominanzklassen. *Archiv für Naturschutz und Landschaftsforschung*. B. 17 No 1. S. 1–26.
- Väisänen R. 1992. Distribution and abundance of diurnal Lepidoptera on a raised bog in southern *Annales Zoologici Fennici*. Vol. 29. P. 75–92.
- Whittaker R.H. 1977. Evolution of species diversity in land communities. *Evolutionary Biology*. Vol. 10. P. 1–67.

¹ Державний природознавчий музей НАН України, м. Львів
e-mail: kaprus63@gmail.com

² Львівський національний університет імені Івана Франка
e-mail: oleg_mytsak@ukr.net; savchak22@gmail.com

Kaprus I.Ya., Mytsak O.Ya, Savchak O.R.

Population of Collembola of bog ecosystems of the ukrainian part of the International Biosphere Reserve «Roztochia»

A comparative analysis of the taxonomic and ecological structure of bog collembolan taxocenes of IBR "Roztochia" was carried out. 67 species of Collembola belonging to 43 genera and 12 families were found on the studied territory. The representation of the rare element of collembolofauna (its uniqueness) is 14.9%. Three species are new to the collembolofauna of Ukraine (Cryptonura kühnelti, Heteromurus sexoculatus, Isotomurus fucicolus) and one new species is from the continental part of Ukraine (Tetracanthella proxima). From 1 to 13 species of Collembola were found at the level of point alpha diversity, and 5–29 species of coenotic alpha diversity, which indicates a small capacity of the soil environment for Collembola in bog ecosystems, compared to forest and meadow ecosystems. The investigated bog Collembola taxocenes are characterized by small and average population density indicators, from 0.25 to 9.1 thousand spec./m². It was found that the structure of dominance, spectra of life forms and biotope groups of the studied taxocenes have their own specificity, due to local edaphic conditions. The analysis of the ecological structure showed that, in terms of species richness, complexes of hygro-mesophilic (31.3% of the total species richness), mesophilic (22.4%) and xeroresistant forms (20.9%) prevail in bog taxocenes of collembola. The studied taxocenes include nine biotope groups of species. The biotope groups of forest species (28,9%) and species that differentiate the bog type of ecosystems (bog, near-water, meadow- and forest-bog species) prevails. The share of representatives of the second group in the studied taxocenes is 14.9% of the total species diversity and 29.5% of the total abundance. It was established that a mixed collembolan taxocene is formed in bog ecosystems, where none of the biotope groups reaches 40% of the total abundance.

Key words: Collembola, fauna, MBR «Roztochia», bog ecosystems, taxonomic composition, ecological structure