

УДК 591.9:577.4

Ю.Ю. Шрубович

СТРУКТУРА УГРУПОВАНЬ НОГОХВІСТОК (COLLEMBOLA) НАВКОЛОВОДНИХ БІОТОПІВ м. ЛЬВОВА

Шрубович Ю.Ю. Структура групувань ногохвосток (Collembola) околоводних біотопів г. Львова // Науч. зап. Гос. природоведч. музея. – Львов, 2006. – Вып. 22. – С. 47-60.

Исследованы особенности структурной организации групувань почвенных ногохвосток в околоводных біотопах на території г. Львова и окрестностей. Отобрано 330 почвенных образцов из 11 локалитетов. Зарегистрировано 93 вида ногохвосток из 11 семейств и 50 родов. Проанализированы изменения фаунистических и экологических комплексов коллембол, а также синэкологических критериев структуры околоводных групувань ногохвосток в зависимости от уровня антропогенного пресса на исследованные біотопы.

Shrubovych, J. The structure of collembolan community in riparian biotops of Lviv City // Proc. of the State Nat. Hist. Museum. – Lviv, 2006. – 22. – P. 47-60.

The peculiarities of structural organization of soil collembolan communities in riparian biotops of Lviv City and of environs were investigated. The 330 soil samples in eleven stations were taken. A list of 93 species and 50 genera was given. The changes of faunistic and ecological compositions and synecological indexes in the structure of riparian springtail communities were analysed in response to level of anthropogenic pressure within biotopes investigated.

Фауна ногохвосток навколоводних біотопів цікава та специфічна і потребує детального вивчення, особливо вузькоспеціалізована група мешканців водних плівок – нейстонні форми. У зв'язку з життям на водних плівках нейстонні види ногохвосток здобули низку специфічних морфологічних пристосувань: закінчення стрибальної вилки-мукро значно розширене і має широку веслоподібну ламелу (рід *Sminthurides*) або численні зубці (рід *Isotomurus*), кігтик лапки видовжений і має розширений емподіальний придаток. Саме такі морфологічні особливості, на думку С.К. Стебаєвої [4], дозволяють ногохвісткам легко рухатися вздовж водяних плівок. Нейстонні форми *Collembola* харчуються, головним чином, діатомовими водоростями та бактеріальними плівками на водній поверхні. Їхня роль в біоценозах зводиться до прискорення повільних процесів розкладу органічних речовин в болотах і стоячих водоймах. Показовим є приклад використання в Англії *Hypogastrura viatica* Tullberg, 1872 для очищення фільтрів стічних споруд від бактеріальних плівок [8]. Таку ж функцію відіграє ще один гігрофільний вид *Anurida tullbergi*, зареєстрований у даному дослідженні. Масовий розвиток цього виду на решітках стічних систем у Швейцарії привів до перекривання каналізаційних труб.

В сучасній літературі можна знайти кілька десятків публікацій щодо фауни колембол інтерстаціональних та епіліторальних оселищ, але комплексні дослідження особливостей структури угруповань ногохвосток в навколоводних оселищах – явище рідкісне [10, 12]. Тому актуальність даної роботи визначається як необхідністю вивчення загальних закономірностей формування епіліторальних угруповань ногохвосток, так і спробою оцінити екологічний стан навколоводних біотопів за умов пресу урбанізації на основі модельної для ґрунтових безхребетних групи *Collembola*.

Ногохвістки, які беруть активну участь у формуванні мікроструктури ґрунту та розкладі органічної речовини, на сьогодні визнані однією з провідних груп для моніторингу ґрунтового блоку екосистем [2, 6]. У деградованих біотопах успішність використання видового критерію (відсутності чи наявності окремих видів в угрупованні) як індикаторного є обмеженою, оскільки ногохвістки змінюють свої екологічні преферендуми за рахунок високих адаптивних можливостей цієї групи організмів і формують нову структуру угруповань. Тому саме структура угруповань ногохвісток, що визначається під впливом зовнішніх чинників, є чутливим індикатором стану оточуючого середовища.

Метою даної роботи було вивчення особливостей фауни та специфіки структурної організації угруповань ногохвісток у навколородних біотопах міста і замиської зони та біоіндикаційних можливостей групи щодо оцінки санітарного стану досліджених біотопів.

Матеріал і методика досліджень

Матеріалом для виконання роботи слугували власні збори, проведені в 2004-2005 рр. у осінній, весняний та літній періоди в навколородних біотопах м. Львова та околиць. Загалом було відібрано 330 кількісних ґрунтових проб об'ємом 125 см³ безпосередньо біля краю водних об'єктів (відстань від води при відборі проб не перевищувала 1 м) з 11 локалітетів, які знаходяться в межах фізико-географічного району Розточчя.

Контроль – р. Верещиця на території природного заповідника „Розточчя” (загальна довжина 42,7 км). Переважаючі типи субстратів берега: мул, дрібний пісок, дрібне каміння. Затінення біотопу прибережною рослинністю – до 100%. Видимі джерела забруднення відсутні.

№ 1 – риборозплідний ставок в с. Чишки Пустомитівського р-ну (площа 1,3 га). Тип субстрату: мул, дрібний пісок. Затінення біотопу прибережною рослинністю – 20%. Характеристика можливих джерел забруднення: в 100 м від ставів знаходиться МТС; близько ставу знаходиться кільцева автомобільна дорога.

№ 2 – Телевізійне озеро в околиці м. Винники (площа 1,75 га). Переважаючі типи субстратів: мул, дрібний пісок. Затінення – 80-90%. Видимі джерела забруднення відсутні.

№ 3 – Винниківське озеро, околиці м. Винники (площа 2,18 га). Тип субстрату: дрібний пісок. Затінення – 50%. Видимі джерела забруднення відсутні.

№ 4 – потік Медовопечерський, 1,5 км від джерела (загальна довжина 2,5 км). Переважаючі типи субстратів: дрібна галька, штучний субстрат, дрібний пісок, мул. Затінення – 100%. Видимі джерела забруднення відсутні.

№ 5 – ставок на території Ботанічного саду ЛНУ ім. І. Франка (площа 0,7 га). Тип субстрату: мул. Затінення – 80-90%. Характеристика джерел забруднення: наявні ознаки евтрофікації водойми через відсутність відтоку води (перекривання шлюзу та значна кількість опадів листя).

№ 6 – карстова озеро на перетині вул. Стрийська-Наукова (площа 1,21 га). Тип субстрату: мул. Затінення – приблизно 20%. Характеристика джерел забруднення: побутові відходи вздовж берегової лінії, проведення будівельних робіт в 40 м від берега, концентрація автотранспорту на магістральних вулицях.

№ 7 – потік Софіївський (парк „Залізна Вода”), 150 м від джерела (загальна довжина 0,25 км). Переважаючі типи субстратів: мул, дрібний пісок, дрібне каміння. Затінення – 80-100%. Характеристика джерел забруднення: велика щільність автотранспорту.

№ 8 – озеро на території парку „Знесіння” (площа 0,36 га). Переважаючі типи субстратів: мул, дрібний пісок. Відсоток затінення – 15-20%. Характеристика джерел забруднення: побутові відходи та частково каналізаційні стоки.

№ 9 – потік Скнилівок у Скнилівському парку (загальна довжина 0,4 км). Переважаючі типи субстратів: дрібний пісок, штучний субстрат. Затінення – 20-30%. Характеристика джерел забруднення: значне промислове (територія Львівського аеропорту) та побутове забруднення.

№ 10 – р. Марунька, 2,5 км від витoku (загальна довжина 15,2 км). Переважаючі типи субстратів: мул, дрібний пісок, дрібне каміння. Затінення – до 100%. Характеристика джерел забруднення: неочищені стоки ЗАТ „Ензим”, побутові стоки м. Винники та с. Чишки.

Збір і опрацювання матеріалу проводили за стандартними методиками [3, 7]. За допомогою загальноприйнятих визначників і окремих систематичних праць була ідентифікована видова та родова належність ногохвісток. Поділ видів за родинami прийнятий згідно "Определитель коллембол фауны СССР" [5] з урахуванням змін у групі *Symphyleona*, запропонованих Г. Бретфельдом [9]. Для аналізу синекологічних параметрів угруповань використані наступні індекси та класифікаційні системи: індекс домінування (як процентне співвідношення чисельності даного виду до сумарної чисельності конкретного угруповання у серії проб) та класи домінування за системою Штекера – Бергмана [13]; індекс частоти трапляння та категорії трапляння згідно В. Тішлера [14]; індекс відносного видового багатства Маргалефа, індекс різноманіття Сімпсона, індекс різноманіття Шеннона, індекси вирівняності E і J та категорії альфа-різноманіття та гама-різноманіття [1, 7]. В основу виділення морфо-екологічних груп колембол покладена класифікація С.К. Стебаєвої [4].

За допомогою комп'ютерної програми Statistica v 5.11 h. For Win 95/NT проведено кластерний аналіз і побудовано дендрограму подібності досліджених угруповань ногохвісток на основі синекологічних параметрів (рівні та індекси різноманіття, індекс домінування, чисельність угруповань та спектри екологічних груп ногохвісток). Оскільки для побудови кластерної схеми використані категоріальні поняття, то як міру відстані обрано відповідно Percent disagreement (процент невідповідності) замість класичної евклідової дистанції. Для об'єднання кластерів використано метод Варда (Ward's method; Ward, 1963), який опирається на дисперсійний аналіз при оцінці відстаней між кластерами. Цей метод розцінюють як дуже ефективний, однак відмічають тенденцію до створення малих груп кластерів. Для аналізу отриманих нами даних ця тенденція має позитивний характер.

Результати досліджень

У результаті проведених досліджень у навколводних біотопах м. Львова та околиць виявлено 93 види ногохвісток, які належать до 11 родин та 50 родів (табл. 1), що складає майже половину видового багатства фауни ногохвісток Розточчя.

Таблиця 1

Видовий склад фауни ногохвісток досліджених навколоводних біотопів

Види	Локалітети*										
	К	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PODURIDAE											
<i>Podura aquatica</i> Linnaeus, 1758	+										
HYPOGASTRURIDAE											
<i>Hypogastrura assimilis</i> (Krausbauer, 1898)				+							+
<i>H. manubrialis</i> Tullberg, 1869									+		
<i>H. vernalis</i> (Carl, 1901)		+									
<i>Ceratophysella denticulata</i> (Bagnall, 1941)	+					+	+		+		
<i>C. granulata</i> Stach, 1949									+		
<i>Ceratophysella</i> sp.											+
<i>Xenylla</i> sp.											+
<i>Willemia anophthalma</i> Börner, 1901				+							
ONYCHIURIDAE											
<i>Tetrodontophora bielensis</i> (Waga, 1842)			+								
<i>Protaphorura armata</i> (Tullberg, 1869)	+	+	+	+	+	+			+		+
<i>P. subarmata</i> (Gisin, 1957)	+	+	+	+	+						+
<i>P. aurantiaca</i> (Ridley, 1880)	+	+	+						+		
<i>P. campata</i> (Gisin, 1952)	+					+					
<i>P. pannonica</i> (Haybach, 1960)	+										
<i>P. serbica</i> (Loksa&Bogojevic, 1967)		+		+							+
<i>Mesaphorura macrochaeta</i> Rusek, 1976	+	+	+	+	+				+	+	+
<i>M. critica</i> Ellis, 1976						+					
<i>M. sylvatica</i> Rusek, 1971								+			
<i>M. tenuisensillata</i> Rusek, 1974	+										
<i>Karlstejnina norvegica</i> Fjellberg, 1974								+			
<i>Metaphorura affinis</i> (Börner, 1902)		+	+	+							+
<i>Stenaphorurella quadrispina</i> (Börner, 1901)			+								
<i>Deuteraphorura cebennaria</i> (Gisin, 1956)								+			+
<i>Deuteraphorura</i> sp.				+	+						
<i>Orthonychiurus rectopapillatus</i> (Stach, 1933)			+					+			
<i>Onychiurus rectospinatus</i> Stach, 1922				+							
ODONTELLIDAE											
<i>Xenyllodes armatus</i> (Axelson, 1903)	+										
NEANURIDAE											
<i>Micranurida pygmaea</i> Börner, 1901			+								
<i>Anurida tullbergi</i> Schött, 1891							+				
<i>Neanura muscorum</i> (Templeton, 1835)	+			+				+			
<i>Deutonura albella</i> (Stach, 1920)		+	+					+			+
<i>Friesea truncata</i> Cassagnau, 1958	+		+	+	+					+	
<i>Pseudachorutes subcrassus</i> Tullberg, 1871	+										
BRACHYSTOMELIDAE											
<i>Brachystomella parvula</i> (Schäffer, 1896)				+					+		
ISOTOMIDAE											
<i>Isotomodes productus</i> (Axelson, 1906)				+							
<i>Folsomides parvulus</i> Stach, 1922			+	+		+	+	+	+		+
<i>Folsomia manolachei</i> Bagnal, 1939	+	+	+		+	+	+	+		+	+
<i>F. quadrioculata</i> (Tullberg, 1871)	+	+			+						
<i>F. penicula</i> Bagnal, 1939					+						+
<i>F. fimetaria</i> (Linnaeus, 1758)								+			
<i>F. candida</i> Willem, 1902		+	+			+		+			

Продовження таблиці 1

	К	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>F. inoculata</i> Stach, 1947	+				+			+			
<i>Cryptopygus bipunctatus</i> (Axelson, 1903)	+					+					
<i>C. orientalis</i> Stach, 1947									+		
<i>C. thermophilus</i> (Axelson, 1900)									+		
<i>Parisotoma notabilis</i> (Schäffer, 1896)	+	+	+	+	+	+		+		+	+
<i>Isotomiella minor</i> (Schäffer, 1895)	+	+	+	+	+	+	+	+			+
<i>Isotomurus palustris</i> (Müller, 1776)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Desoria trispinata</i> (Mac Gillivray, 1896)			+	+	+	+	+	+	+		+
<i>D. violacea</i> (Tullberg, 1876)								+			
<i>D. tigrina</i> Nicolet, 1842					+	+					
<i>Desoria</i> sp.			+								
<i>Proisotoma minima</i> Absolon, 1901	+			+							
<i>P. minuta</i> (Tullberg, 1871)	+						+				
<i>Isotoma viridis</i> Bourlet, 1895	+			+		+				+	+
TOMOCERIDAE											
<i>Tomocerus minor</i> (Lubbock, 1862)			+		+						
<i>T. vulgaris</i> (Tullberg, 1871)		+	+	+	+	+		+			
<i>Pogonognathellus flavescens</i> (Tullberg, 1871)	+		+	+	+						
ENTOMOBRYIDAE											
<i>Entomobrya marginata</i> (Tullberg, 1871)							+				
<i>Entomobrya</i> sp.				+	+						
<i>Orchesella flavescens</i> (Bourlet, 1839)	+				+						
<i>O. cincta</i> (Linnaeus, 1758)				+							
<i>O. bifasciata</i> Nicolet, 1842				+							
<i>O. pseudobifasciata</i> Stach, 1960				+							
<i>Lepidocyrtus lignorum</i> (Fabricius, 1775)	+	+	+		+	+	+	+	+		+
<i>L. lanuginosus</i> (Gmelin, 1788)				+							
<i>L. cyaneus</i> Tullberg, 1871				+		+					
<i>L. violaceus</i> (Geoffroy, 1762)	+										
<i>L. nigrescens</i> Szeptycki, 1967				+							
<i>L. curvicollis</i> (Bourlet, 1839)					+						
<i>L. paradoxus</i> Usel, 1890	+			+							
<i>Heteromurus nitidus</i> (Templeton, 1835)				+							
<i>Pseudosinella alba</i> (Packard, 1873)			+	+	+			+			
<i>P. horaki</i> Rusek, 1985			+	+	+						
CYPHODERIDAE											
<i>Cyphoderus albinus</i> Nicolet, 1842						+					
NEELIDAE											
<i>Megalothorax minimus</i> Willem, 1900	+	+	+	+	+	+		+			+
<i>Neelides minutus</i> (Folsom, 1901)	+										
SMINTHURIDAE											
<i>Arrhopalites caecus</i> (Tullberg, 1871)									+		
<i>A. terricola</i> Gisin, 1958							+				
<i>A. sericus</i> Gisin, 1947			+					+			
<i>Arrhopalites</i> sp.						+					
<i>Sphaeridia pumilis</i> (Krausbauer, 1898)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Sminthurinus aureus</i> (Lubbock, 1862)	+		+		+	+					
<i>S. elegans</i> (Fitch, 1863)		+				+					
<i>Sminthurus viridis</i> (Linnaeus, 1758)				+							
<i>Spatulosminthurus flaviceps</i> Tullberg, 1871				+							
<i>Deuterosminthurus bicinctus</i> (Koch, 1840)								+			
<i>Bourletiella arvalis</i> (Fitch, 1863)					+				+		

Закінчення таблиці 1

	К	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Sminthurides aquaticus</i> (Bourlet, 1843)						+					
<i>S. malmgreni</i> (Tullberg, 1876)	+		+		+						
<i>S. pseudassimilis</i> Stach, 1956		+					+				
	К	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>S. schoetti</i> (Axelson, 1903)	+										
Загальна кількість видів	34	20	26	38	28	23	13	22	16	7	20

Примітка: *опис локалітетів див. у розділі "Матеріал і методика досліджень".

Найбагатшими щодо кількості видів та родів у досліджених біотопах є родини Isotomidae, Onychiuridae, Entomobryidae та Sminthuridae. Достатньо представлені також родини Hurogastruridae та Neanuridae. Інші 5 родин представлені незначною кількістю видів та родів, що для більшості родин є нормою. Наприклад, родина Poduridae має єдиного представника *Podura aquatica*, що нами і зареєстрований. Нечисленими за кількістю видів є також родини Cyphoderidae, Brachystomellidae, Neelidae.

Основу фауністичного комплексу Collembola формують еврибіонтні політопні види *Isotoma notabilis*, *Protaphorura armata*, *P. subarmata*, *Mesaphorura macrochaeta*, *Lepidocyrtus lignorum*, *Tomocerus vulgaris*, *Megalothorax minimus*, *Sminthurinus aureus* та ін., які трапляються як константні або абсолютно константні види практично у всіх досліджених локалітетах, і в структурі домінування угруповань ногохвісток є домінантами або субдомінантами.

Лісові види трапляються рідше, переважно у біотопах, розташованих близько лісу або в парковій зоні міста, наприклад, *Pseudosinella horaki* (неморальний вид), *Willemia anophthalma* (бореальний вид), *Mesaphorura sylvatica*, *Karlstejnina norvegica*, *Folsomia inoculata* (бореально-гірський вид), *Proisotoma minima*, *Arrhopalites sericus*. Такі бореально-монтанні види, як *Orthonychiurus rectopapillatus*, *Tetrodontophora bielensis*, зареєстровані нами тільки на Телевізійному озері (локалітет №2) і є східнокарпатськими ендеміками. Серед групи лісових видів найчастіше реєстрували політопний *Isotomiella minor*, що є константним або абсолютно константним у локалітетах в околицях Львова, але чисельність і частота трапляння якого різко знижується в антропогенно навантажених урботопах. Лісові гігрофільні види ногохвісток, такі як *Deutonura albella* та види роду *Arrhopalites*, траплялися в ширшому діапазоні досліджених локалітетів, хоча лісовий гігрофіл *Xenyllodes armatus*, єдиний представник родини *Odontellidae*, зареєстрований лише в контролі.

Частка лучних видів у дослідженому фауністичному комплексі ногохвісток така ж сама, як і лісових. З одного боку, це – гігро- і мезофільні лучні види *Sphaeridia pumilis*, *Isotoma viridis*, *Sminthurinus elegans*, *Brachystomella parvula*, *Protaphorura campata*, *Deuteraphorura cebennaria*, *Lepidocyrtus nigrescens*, *L. paradoxus*, *L. curvicollis*, *Sminthurus viridis*, *Spatulosminthurus flaviceps*, *Deuterostminthurus bicinctus* та ін. Лучний вид *Sphaeridia pumilis* зареєстрований нами майже у всіх досліджених біотопах і домінує у локалітеті №9. Наступний *Isotoma viridis* виявлений у чотирьох локалітетах і за частотою трапляння належить до випадкових видів в угрупованнях.

Інші види з цієї групи траплялися лише в одному або двох біотопах і були нечисленними та випадковими за частотою трапляння. З другого боку, для нас цікава присутність у навколводних біотопах цілої групи лучних ксерофільних видів *Metaphorura affinis*, *Stenaphorurella quadrispina*, *Mesaphorura critica*, *Isotomodes productus*, *Folsomides parvulus*, *Cryptopygus orientalis*, *C. thermophilus*, причому два останні види виявлені лише біля озера в парку „Знесіння” (локалітет №8). Зазначені види ногохвісток мають південні ареали поширення і проникають в урбоекосистеми та здатні активно заселяти ксеротермічні ділянки, як у випадку парку „Знесіння”.

Присутні у фауністичному комплексі досліджених навколводних біотопів і синантропні види, компостні та рудеральні, які масові та характерні для міських екосистем [11]. Синантропний *Heteromurus nitidus* зареєстрований лише на Винниківському озері, а інший синантроп *Bourletiella arvalis* – у двох біотопах. Рудеральний *Cryptopygus bipunctatus* траплявся поодинокі біля ставу в Ботанічному саду, хоча в контролі (р. Верещиця) цей вид масовий і є субдомінантом, а в даному біотопі рудеральна рослинність відсутня. Очевидно потрібно переглянути статус цього виду як рудерального, і оцінити його як лучний мезофільний.

Група компостних видів значно більша у дослідженому фауністичному комплексі. Сюди входять такі види, як *Ceratophysella denticulata*, *Hypogastrura vernalis*, *Onychiurus rectospinatus*, *Folsomia fimetaria*, *F. candida*, *Desoria tigrina*, *Proisotoma minuta*. Наведені види масово розмножуються і часто виступають еудомінантами у маловидових угрупованнях ногохвісток урботопів [11], хоча в природних біотопах теж часто реєстрували їх масове розмноження у місцях накопичення органічного матеріалу: листяної підстилки, мокрого сіна тощо. У досліджених локалітетах два компостні види зареєстровані в контролі, але за частотою трапляння належать до випадкових видів цього угруповання. Компостний *Ceratophysella denticulata* зареєстрований у біотопі ставу Ботанічного саду та біля озера в парку „Знесіння” як випадковий та нечисленний, але в найзабрудненішому біотопі біля карстового озера він є субдомінантом і другорядним за частотою трапляння в угрупованні колембол. Другий компостний вид контролю зареєстрований лише в одному локалітеті №6 як випадковий і нечисленний в угрупованні. Інші компостні види в досліджених біотопах зареєстровані у незначній кількості.

Гігрофільні види *Protaphorura aurantiaca* та *Desoria trispinata*, що преферують вологі та затінені оселища біля води, траплялися у багатьох досліджених біотопах і часто були масовими.

Нейстонний *Podura aquatica* зареєстрований нами тільки в контролі, тоді як гігрофільний *Anurida tullbergi* масово розмножується біля берегів заболочених стоячих водойм (численний у наших зборах з локалітету №6). Нейстонний вид *Isotomurus palustris* присутній і численний у всіх досліджених біотопах. У більшості локалітетів він є абсолютно константним або константним за частотою трапляння і входить до групи домінантів в угрупованнях ногохвісток околиць Львова, але виступає як еудомінант в антропогенно порушеному локалітеті №6. Тому присутність або численність даного нейстонного виду не може бути використана для біоіндикації стану берегів водойм. Види роду *Sminthurides* трапляються у різних за ступенем антропогенного навантаження біотопах: *S. schoetti* виявлений тільки в контролі, *S. malmgreni* – в контролі, біля лісового озера Телевізійного та біля потоку

Медово-Печерський, *S. aquaticus* – тільки біля ставу в ботсаду, *S. pseudassimilis* – у найбільш антропогенно змінених біотопах рибгоспу та карстовому озері. Отже, дані види можуть слугувати чутливими індикаторами на видовому рівні стану антропогенного порушення водних екосистем.

У результаті дослідження структурних параметрів угруповання *Collembola* в контролі нами відмічено 34 види ногохвісток, які належать до 10 родин і 22 родів (табл. 2). Екологічна ємність середовища берега р. Верещиці для ногохвісток на рівні альфа-розмаїття складала в середньому 7 видів у стандартній ґрунтовій пробі. Середня річна чисельність колембол становила 42 тис. ос./ м². Видове розмаїття населення колембол контролю високе. Структура домінування контрольного комплексу колембол є повночленною та полідомінантною. Відмічено 7 масових видів, серед яких домінантами є еврибіонтні *Folsomia manolachei*, *Protaphorura armata* і *Isotoma notabilis*. Нечисленних видів в угрупованні багато, що обумовлює стабільність комплексу ногохвісток. Фауністичне ядро угруповання формують еврибіонтні види ногохвісток як за кількістю видів, так і за їхньою часткою (рисунок) у загальній чисельності угруповання.

Таблиця 2

Параметри структурної організації досліджених угруповань ногохвісток

Синекологічні показники	Локалітети*										
	К	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Видове багатство											
S _γ	34	20	26	38	28	23	13	22	16	7	20
S _α	7	5	12	13	12	8	3	9	5	2	9
DM _g	5.2	3.3	3.8	4.2	4.7	3.7	2.4	4.0	3.2	2.7	3.9
Чисельність											
Середня чисельність (x10 ³ екз./м ²)	42	18	48	157	56	20	18	15	20	1	18
Домінування											
d – індекс Бергера-Паркера	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4	0.3	0.2	0.3	0.2
S ₅₀	4	3	4	3	3	2	2	3	3	3	3
Організація угруповань											
D – індекс різноманітності Сімпсона	9.8	8.8	9.4	7.3	7.8	6.1	3.5	6.2	7.0	3.3	7.2
E – індекс вирівняності Сімпсона	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.6	0.7	0.8	0.9	0.8
H' – індекс різноманітності Шеннона	2.5	2.4	2.6	2.4	2.5	2.3	1.5	2.3	2.2	1.8	2.3
J – індекс вирівняності Шеннона	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	0.2

Примітка: *опис локалітетів див. у розділі "Матеріал і методика досліджень".

Угруповання ногохвісток риборозплідного ставка (локалітет №1) представлено 20 видами з 8 родин і 14 видів. Екологічна ємність середовища та щільність населення ногохвісток менші, ніж в контролі (табл. 2). Відповідно показники

різноманіття угруповання значно нижчі. Досліджене угруповання олігодомінантне (домінантні еврибіонтні *Folsomia manolachei* та *Protaphorura serbica*) і недостатньо структуроване. Коло субдомінантів розширене (8 видів, серед яких переважають еврибіонти), натомість нечисленних видів дуже мало. У весняний період було зареєстроване еудомінування *Folsomia manolachei* (40%). У структурі угруповання домінують еврибіонтні види, які складають половину від загального видового багатства та 80% чисельності. Лучних видів виявлено чотири, але їхня частка в два рази менша порівняно з контролем. Лісових видів відповідно ще менше (рис. 1). Гігрофільні та компостні види формують по 3% загальної чисельності угруповання.

Угруповання колембол Телевізійного озера (локалітет №2) представлене 26 видами з 7 родин і 22 родів. Екологічна ємність біотопу майже в два рази вища, ніж в контролі, відповідно індекс відносного видового багатства угруповання значно менший (табл. 2). Щільність населення колембол незначно перевищує контроль. Індекси різноманітності максимально наближені до контролю. Угруповання полідомінантне і добре структуроване. До складу масового ядра входять 3 доміанти і 6 субдомінантів. Зареєстровано 4 абсолютно константних і 10 константних видів в угрупованні. Як і в контролі, домінує еврибіонтний *Folsomia manolachei*, а також нейстонний *Isotomurus palustris*. Дещо несподіваною є найбільша відносна чисельність лучного ксерорезистентного виду *Folsomides parvulus* (20%), хоча за частотою трапляння він є випадковим у даному угрупованні. У спектрі екогруп домінують еврибіонтні види, збільшується частка лучних та гігрофільних видів в два рази, а лісових – в три рази порівняно з контролем (рис. 1). Чисельність одного компостного виду дуже мала, менше 1%.

Угруповання ногохвісток Винниківського озера (локалітет №3) представлене найбільшою кількістю видів, ємністю середовища і щільністю населення. Все ж, індекси різноманітності нижчі стосовно контролю, оскільки рівномірність поширення видів у біотопі виявилася низькою, на що вказують індекси вирівняності E і J. Аналіз частоти трапляння видів показав, що абсолютно константних та константних видів зареєстровано лише 5. Досліджене угруповання добре структуроване з 3 доміантними видами та 5 субдомінантами. Першим доміантом є лучний *Folsomides parvulus*, як і в угрупованні Телевізійного озера. Еврибіонтні *Isotoma notabilis* та *Mesaphorura macrochaeta* мали нижчу відносну чисельність. У спектрі екогруп домінують еврибіонтні види. Частка лісових і, особливо, лучних збільшується в два рази. Компостні види відсутні, натомість, з'являється синантроп *Heteromurus nitidus*.

Угруповання ногохвісток потоку Медовопечерський (локалітет №4) представлене 28 видами з 7 родин і 20 родів. Екологічна ємність середовища і щільність населення вищі, ніж в контролі. Індекси різноманіття достатньо високі порівняно з іншими угрупованнями. Дещо змінюється структура домінування, а саме, розширюється коло доміантів до чотирьох видів. Натомість, зменшується кількість субдомінантів до трьох видів. Домінантами стають гігрофільний вид *Desoria trispinata* і нейстонний *Isotomurus palustris*, а також евритопні *Protaphorura armata* та *Parisotoma notabilis*. Масове ядро угруповання складають гігрофільні та еврибіонтні види. Частка лісових така ж, як у контролі (рис. 1). Натомість, різко знижується частка лучних видів до 1% від загальної чисельності угруповання.

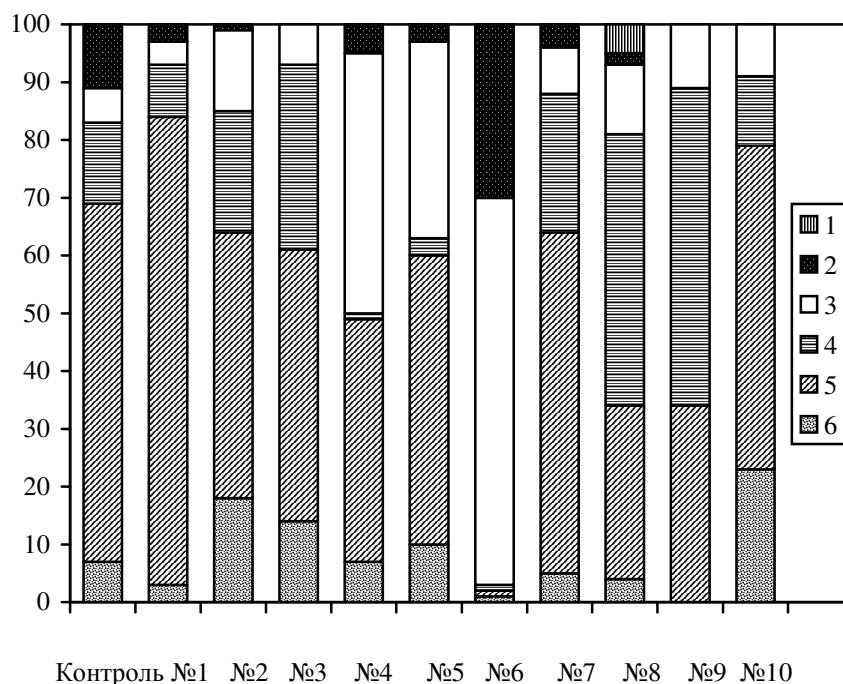


Рис. 1 Спектри екологічних груп (в % від загальної чисельності) угруповань ногохвісток в досліджених локалітетах (№№ локалітетів – у розділі “Матеріал і методика досліджень”): 1 – синантропні види, 2 – компостні види, 3 – гігрофільні види, 4 – лучні види, 5 – еврибіонтні види, 6 – лісові види.

Угрупування колембол ставка у Ботанічному саду (локалітет №5) представлено 23 видами з 9 родин і 17 родів. Екологічна ємність біотопу така ж, як і в контролі, але щільність населення та індекси різноманіття менші майже в два рази. Угрупування олігодомінантне за структурою з високим індексом домінування. Це зумовлює перший доміант угруповання еврибіонт *Parisotoma notabilis*, відносна чисельність якого в угрупованні складає 30%. Другий доміант – гігрофільний *Desoria trispinata*, який був доміантним видом і в попередньому локалітеті. У спектрі екогруп домінують еврибіонтні види та гігрофільні види ногохвісток. Частка лісових видів близька до контролю, а частка лучних видів менша у два рази. 3 компостних види складають лише 1% від чисельності угруповання.

Угрупування колембол карстового озера (локалітет №6) представлено лише 13 видами з 5 родин і 13 родів. Екологічна ємність біотопу, щільність населення та індекси різноманіття вдвічі менші від контролю. Угрупування недостатньо структуроване з малою кількістю субдомінантних і повною відсутністю рецентних видів. Індекс домінування ще вищий, ніж у попередньому угрупованні. Перший доміант угруповання – нейстонний вид *Isotomurus palustris*, відносна чисельність

якого в угрупованні складає 40%. Другий домінант – гігрофільний *Desoria trispinata*, як і в попередньому локалітеті, а третій – компостний *Ceratophysella denticulata*. У спектрі екогруп домінують гігрофільні та компостні види. Частка еврибіонтних, лісових та лучних видів близька до 1%.

Угруповання ногохвісток потоку Софіївський (локалітет №7) представлене 22 видами з 7 родин і 17 родів. Екологічна смність середовища дещо вища, ніж в контролі, щільність населення майже втричі нижча. Індекси різноманіття високі порівняно з іншими угрупованнями. У структурі домінування відмічено лише субдомінантний *Desoria trispinata*, хоча домінантів є 3 види. Значна чисельність першого домінанта в угрупованні (еврибіонтного *Folsomia manolachei*) спричинює високий індекс домінування Бергера-Паркера. Інші домінанти мають таку високу чисельність тільки в даному угрупованні і нечисленні в досліджених локалітетах. Це – еврибіонтний *Megalothorax minimus* та лучний *Deuteraphorura cebennaria*. Масове ядро угруповання формують еврибіонтні види. Частка лісових видів менша в два рази стосовно контролю, натомість, вдвічі зростає частка лучних видів (рис. 1).

Меншими показниками видового багатства, щільності населення та екологічної смності середовища характеризується угруповання локалітету №8 відносно попереднього проаналізованого та контролю відповідно, як видно з таблиці 2. Угруповання полідомінантне, але з малою кількістю нечисленних (рецентних та субрецентних) видів. Перший домінант – лучний ксерофільний вид *Cryptopygus thermophilus*, виявлений і масовий лише в даному біотопі. Він зареєстрований тільки в літній період як еудомінант, а в інші сезони не відмічався. Натомість, другий вид цього ж роду лучний ксерофільний *Cryptopygus orientalis* домінував у весняний період і є потенційним домінантом угруповання. Інші два домінанти вже відомі з попередніх локалітетів, це – домінант з контролю еврибіонтний *Protaphorura armata* і нейстонний *Isotomurus palustris*. Спектр екогруп даного угруповання відмінний від контролю та інших досліджених угруповань домінуванням лучних видів, зменшенням частки еврибіонтів та збільшенням частки синантропних видів.

Угруповання колембол потоку Скнилівок (локалітет №9) представляють лише 7 видів ногохвісток з 4 родин і 7 родів. Всі синекологічні параметри даного угруповання найнижчі відносно інших досліджених локалітетів. Структура домінування невиражена (всі види домінантні згідно прийнятої класифікації). Найбільша чисельність зареєстрована для лучного мезофільного *Sphaeridia pumilis*, який є еудомінантом в дослідженому угрупованні. Спектр екогруп представляють еврибіонтні, лучні і один гігрофільний вид (рис. 1).

Угруповання локалітету №10 (витік р. Маруньки) характеризується вдвічі меншою кількістю видів ногохвісток та щільністю населення, хоча екологічна смність середовища вища, ніж в контролі. Структура домінування в даному угрупованні порушена. Коло домінантів розширене: еврибіонтні *Megalothorax minimus* і *Parisotoma notabilis* та лісові види *Isotomiella minor* і *Folsomia penicula*, які не домінували в жодному біотопі; субдомінанти в угрупованні відсутні. Серед екогруп найчисленніші еврибіонтні види, як і в контролі, частка лучних вдвічі менша, натомість, втричі зростає частка лісових видів.

Кластерний аналіз структурних параметрів досліджених угруповань в 11 локалітетах показав, що угруповання ногохвісток за проаналізованими категоріями поділяються на 2 процентно відмінні групи, як видно з дендрограми подібності досліджених угруповань (рис. 2). До першої разом з контролем входять угруповання ногохвісток найменш антропогенно порушених позаміських біотопів.

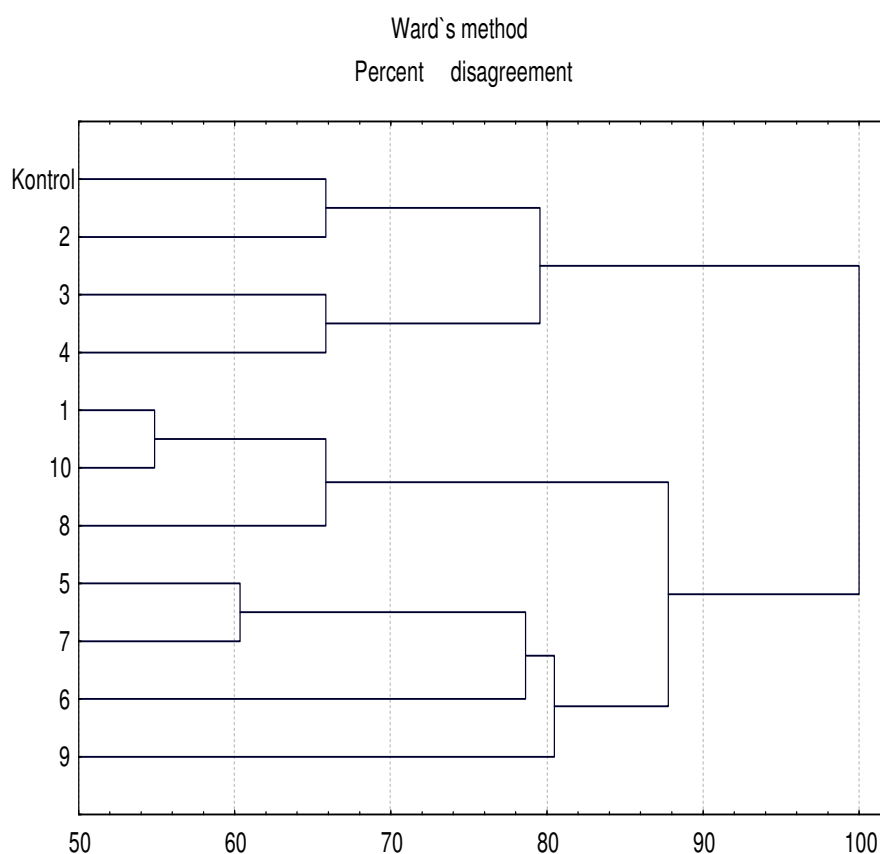


Рис. 2 Дендрограма подібності (у %) досліджених угруповань ногохвісток, побудована на основі кластерного аналізу синекологічних параметрів угруповань (описи локалітетів див. у розділі “Матеріал і методика досліджень”).

Найподібнішим до контрольного є угруповання ногохвісток на березі Телевізійного озера. Угруповання ногохвісток на березі Винниківського озера та потоку Медово-Печерський подібні між собою і відрізняються від контрольного на 80%. До другої групи входять угруповання ногохвісток антропогенно порушених біотопів, причому вони, в свою чергу, теж поділяються на 2 групи: угруповання біотопів околиць міста (риборозплідний ставок, витік р. Маруньки і став у парку "Знесіння") та угруповання ногохвісток урбанізованих біотопів. Угруповання на березі ставу ботсаду та потоку Софіївський у парку "Залізна Вода" подібні між собою на 40%. А угруповання ногохвісток найзабрудненіших за санітарним станом локалітетів № 6 та 9 докорінно відрізняються від контролю та інших досліджених угруповань, хоча за структурними параметрами дуже близькі між собою.

Висновки

Аналіз структурної організації досліджених угруповань ногохвісток показав, що такі синекологічні параметри угруповань, як рівні видового багатства та індекси біорізноманіття, структурні параметри домінування, спектр екологічних груп можуть використовуватися для екологічного моніторингу ґрунтового режиму навколоводних екосистем. Зменшення видового багатства та різноманіття ногохвісток в угрупованнях, низька структурованість та присутність еудомінантів характерні для антропогенно порушених локалітетів. Показник щільності населення ногохвісток є чутливим індикатором інтенсивності рекреаційного навантаження на екосистеми: може різко зростати у позаміських локалітетах (наприклад, Винниківське озеро) і різко знижується в урботопах. Спрощення екологічної структури угруповань та висока частка компостних видів вказують на значну евтрофікацію водойм.

На основі індексу домінування та критерію частоти трапляння можна виділити дві групи видів колембол: 1) види, характерні для природних навколоводних біотопів 2) види, що преферують урботопи штучних ставків. Із наростанням урбопресу різко зменшується відносна чисельність та частота трапляння лісових видів ногохвісток (наприклад, *Isotomiella minor*, *Folsomia quadrioculata* та ін.). Лісові види ногохвісток, такі як *Protaphorura pannonica*, *Mesaphorura tenuisensillata*, *Xenyllodes armatus*, *Pseudachorutes subcrassus* і *Neelides minutus*, виявлені лише в контролі і не трапляються в інших досліджених біотопах. Тому їх можна використовувати як індикаторні види стану антропогенного навантаження на екосистеми. Лучні мезофільні види (*Isotoma viridis*, *Sminthurinus elegans* і *Sphaeridia pumilis*), що преферують природні біотопи відкритого простору, та еврибіонтні краще адаптуються до урбогенно трансформованих навколоводних оселищ, де відмічено їхню велику чисельність. Серед стенобіонтних нейстонних форм ногохвісток види роду *Sminthurides* є чутливими індикаторами стану забруднення навколоводних біотопів. Так, *S. schoetti* та *S. malmgreni* – види, що трапляються лише в найменш антропогенно порушених біотопах без видимих ознак забруднення (біотопи першої групи у кластерному аналізі), натомість, *S. pseudassimilis* – індикатор антропогенно найзабрудненіших біотопів.

Загалом, група ногохвісток може успішно використовуватися з біоіндикаційною метою для оцінки стану забруднення та атропопресії на навколоводні біотопи як на рівні окремих видів, так і на рівні аналізу структурних характеристик угруповань (останній спосіб – найбільш ефективний та інформаційний).

Результати досліджень можуть бути використані для розроблення методик ведення регіонального моніторингу санітарного стану навколоводних біотопів урбанізованого середовища.

Подяка

Представлена стаття є частиною наукової роботи за темою "Біологічний та хімічний контроль стану поверхневих вод м. Львова як основа моніторингу водних екосистем урбанізованого середовища" (грант Президента України для підтримки наукових досліджень молодих учених № GP/S8/31).

1. Капрусь І.Я., Шрубович Ю.Ю. Деякі методичні підходи до оцінки біорізноманітності безхребетних педобіонтів // Матеріал. міжнар. наук.-практ. конф. "Міжнародні аспекти вивчення та охорони біорізноманіття Карпат". – Рахів, 1997. – С. 73-77.
2. Мелецис В.П. Биоиндикационное значение коллембол (*Collembola*) при загрязнении почвы березняка-кисличника индустриальной кальцийсодержащей пылью // Загрязнение природной среды кальцийсодержащей пылью. – Рига: Зинатне, 1985. – С. 149-209.
3. Методы почвенно-зоологических исследований / Под. ред. М.С. Гилярова. – М.: Наука, 1975. – 280 с.
4. Стебаева С.К. Жизненные формы ногохвосток (*Collembola*) // Зоол. журн. – 1970. – Т. 44, № 10. – С. 1437-1454.
5. Определитель коллембол фауны СССР. – М.: Наука, 1988. – 214 с.
6. Чернова Н.М. Экологические сукцессии при разложении растительных остатков. – М.: Наука, 1977. – 200 с.
7. Чернова Н.М. Принципы количественного анализа населения коллембол // Фауна и экология ногохвосток. – М.: Наука, 1984. – С. 29-43.
8. Barratt P.K. Collecting Collembola // Amateur Entomologist's Soc. Leaflet. – 1953. – Vol. 26. – P. 1-6.
9. Bretfeld G. Synopses on Palearctic Collembola. Symphyleona. // Abh. Ber. Naturkundemus. Görlitz. – 1999. – 71. – P. 1-318.
10. Deharveng L., Lek S. High diversity and community permeability: the riparian Collembola (Insecta) of a Pyrenean massif // Hydrobiol. – 1995. – 312. – P. 59-74.
11. Shrubovych J. The fauna of springtails (*Collembola*) in Lviv City // Вісн. зоол. – 2002. – Т. 36, № 2. – С. 63-67.
12. Skarzynski D. Skoczogonki (*Collembola*) epilitoralu wybranych rzek i potokow Dolnego Slaska // Wiad. entomol. – 1999. – Vol. 17, № 3-4. – S. 133-143.
13. Stocker G., Bergmann A. Ein Modell der Dominanzstruktur und seine Anwendung. 1. Modellbildung. Modellrealisierung, Dominanzklassen // Arch. Naturschutz. u. Landschaftsforschung. – 1977. – Bd. 17, № 1. – S. 1-26.
14. Tischler W. Grundzüge der terristischen Tierökologie. – Braunschweig, 1949. – 219 s.

Державний природознавчий музей НАН України, м. Львів