

УДК 592:574.47 (210.7) (477.04)

Д. О. Федорченко¹, В. В. Бригадиренко²

¹Запорізький національний університет

²Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ БАГАТОВИДОВИХ УГРУПОВАНЬ ПІДСТИЛКОВИХ БЕЗХРЕБЕТНИХ ТВАРИН ОСТРОВА ХОРТИЦЯ (ЗАПОРІЗЬКА ОБЛАСТЬ)

Досліджено особливості формування фауни підстилкових безхребетних тварин в умовах національного заповідника «Хортиця». Встановлено, що розподіл таксономічних груп різного рівня (родини та види) у підстилковій мезофауні підпорядкований як впливу внутрішньосистемних, так і зовнішніх відносно герпетобію чинників; найбільший вплив на структуру угруповань здійснюють ступінь розвитку підстилкового горизонту та умови зволоження. Ступінь впливу екологічних чинників на різних таксономічних рівнях може відрізнятися.

D. O. Fedorchenko¹, V. V. Brygadyrenko²

¹Zaporizhzhya National University,

²Oles' Gonchar Dnipropetrovsk National University

PECULIARITIES OF LITTER INVERTEBRATES' MULTISPECIES COMPLEXES FORMATION ON THE KHORTITSA ISLAND (ZAPORIZHZHYA PROVINCE)

Peculiarities of litter invertebrates' complexes formation under conditions of the Khortitsa National Reserve (Zaporizhzhya province) are studied. The dispersion of taxonomic groups of different levels (families and species) in litter mesofauna is swayed by the inter- and intrasystem factors; the largest influence has the power of litter and its humidity. The rate of ecological factors' influence at different taxonomic levels may diverge.

Вступ

Сучасні зооекологічні дослідження потребують при обробці отриманих первинних даних широкого використання методів багатовимірної статистики, що дозволяє більш чітко зрозуміти закономірності функціонування природних екосистем і використовувати отримані дані для оптимізації та охорони природного середовища. Аналіз розподілу популяцій рослин і тварин важливий для оцінювання сучасного стану та уникнення масштабних змін у природних екосистемах. При застосуванні сучасних методів статистичної обробки даних про групи організмів, пов'язані щільними зв'язками, аналіз інформації полегшується, екологічна інформація стає доступнішою для подальшого використання, а екосистеми – для тривалого спостереження та охорони.

Сучасний стан природних екосистем степової зони викликає занепокоєння через високу розораність, зміну ґрунтово-рослинних умов існування підстилкової фауни [7; 12–14]. Ще засновник ґрунтової зоології М. С. Гіляров звертав увагу на щільну залежність фауни тваринних організмів від середовища їх існування [5; 6]. Більшість су-

часних авторів, досліджуючи комплекси герпетобіонтних безхребетних, застосовують факторний, кластерний і дискримінантний методи статистичного аналізу [3; 4; 8; 15–24].

М. L. Luff [19] при дослідженні видового складу турунів північно-східної Англії використав факторний аналіз і встановив, що склад цієї групи безхребетних у різних типах біотопів залежить від впливу вологості, механічного складу ґрунту, розвиненості підстилки. На основі переліку видів турунів він показав можливість використання цього методу аналізу для класифікації біотопів (результати підтверджено порівнянням отриманих у такий спосіб даних із літературними).

Ще у 1986 році М. D. Eyre зі співавторами [16] довів можливість використання факторного аналізу для визначення індикаторних видів герпетобіонтних та водних жуків. Цей дослідник у процесі вивчення водних твердокрилих північно-східної Англії класифікував пробні ділянки за допомогою факторного аналізу та визначив основні екологічні чинники, які спричиняють вплив на розподіл за біотопами комплексів водних жуків (кислотність води та кількість розчиненого кисню). За розташуванням певного комплексу водних жуків для кожної ділянки проведене визначення типовості з метою використання її для збереження дикої природи.

Протягом 1991–2001 років М. D. Eyre зі співавторами [17] на території Англії обстежив за допомогою пасток Барбера урбанізовані території та ділянки, відновлені після антропогенного навантаження. Як найбільш значущі фактори для комплексів жуків-фітофагів визначено зволоженість і ступінь розвитку рослинного покриву, проте й місцезнаходження ділянки також відіграло суттєву роль.

Колективом авторів у 2004 році [23] здійснене моделювання комплексу з 137 британських видів турунів за допомогою регресійного аналізу. Як змінні для регресійного аналізу за видовим складом турунів використано дані щодо розвиненості підстилки. Отримані дані також співпадали із загальновідомим розподілом видів у Великобританії. Проте розподіл гігрофільних видів не відповідав отриманим експериментальним даним.

J. Rehounek у 1997–1998 роках [24] дослідив розподіл листоїдів заплавних і аренних біотопів центральної частини Ельбської низовини. Автор з'ясував, що при використанні загальної кількості видів ординація комплексів листоїдів у різних типах біотопів недостовірна. При аналізі видового складу встановлено, що листоїди утворюють три розмежованих комплекси. Перша група переважає у біотопах із мінімальною кількістю дерев і добре розвиненим високотравним ярусом. Другий комплекс тяжіє до біотопів із великою кількістю чагарників. Третя група листоїдів переважає у лісових біотопах.

К. О. Arigian зі співавторами [15] вивчив різноманіття підстилкових твердокрилих у мішаних лісах С'єрра-Невади. Встановлені закономірності дозволяють спостерігати за станом лісових екосистем. У результаті обробки даних виділено групу видів-індикаторів та отримано показники просторового розподілу цієї групи жуків.

T. Longcore [18] оцінив видове різноманіття та чисельність комплексів безхребетних, використовуючи регресійний та кластерний аналізи, дослідив вплив рослинності на комплекси членистоногих. За результатами його дослідження, наявність рідкісних видів зворотно пропорційно пов'язана із загальною кількістю видів. На ділянках, які відновлено після експлуатації людиною, сапрофаги та зоофаги стають нечисленними групами у складі герпетобіо. Як показали його дослідження, на рівні родини відмінності істотно не виражені, а на видовому рівні чітко помітна різниця між структурою комплексів безхребетних. Склад рослинного покриву майже не відрізнявся на відновлених, техногенно навантажених і природних пробних ділянках. Навпаки, комплекси безхре-

бетних на всіх відновлених ділянках істотно відрізнялися як від природних, так і від техногенно трансформованих екосистем.

У 1996 році Р. Ottesen [21] у Південній Норвегії провів дослідження герпетобіонтної мезофауни на 45 пробних ділянках, які максимально охоплювали всі ступені зволоження та мінімально змінювали гідрологічні характеристики під час танення снігу. Як змінні для регресійного аналізу за родинами використано дані щодо зволоження, сезону року та вертикальної стратифікації. Цим дослідником встановлено, що зволоженість ґрунту щільно пов'язана з умістом органічних речовин у ґрунті та майже не змінюється під час дощових періодів. На основі отриманих даних Р. Ottesen стверджує, що зволоженість у мішаних і хвойних лісах є визначним фактором, який позитивно впливає на видову різноманітність.

І. Ribera зі співавторами [20] вивчали відмінності морфологічної структури популяцій турунів агроценозів Шотландії за допомогою багатовимірних методів аналізу. Обробка отриманих даних показала наявність кореляції між розмірами окремих частин тіла та співвідношеннями загальних розмірів.

На території степової зони України якісний склад тваринного населення підстилки досліджений досить добре [11], а дослідження закономірностей формування багатовидових угруповань мезофауни розпочато лише протягом останнього десятиріччя [3; 4; 8]. Встановлено особливості розподілу мезофауни у степових, окремих типів лісових і навозоводних екосистем. Більшість цих досліджень здійснена у північній частині степової зони, де видовий склад тваринного населення значно різноманітніший, а екстремальний вплив степового оточення на лісовий біогеоценоз не набуває настільки великого значення [8]. Для характеристики угруповань використано факторний та кластерний аналізи [3; 4; 8].

Таким чином, багатовимірні статистичні методи досліджень дозволяють узагальнити дані щодо співвідношень між різними групами безхребетних найрізноманітніших типів біотопів та абіотичними й біотичними факторами, які на них впливають. Також за допомогою методів багатовимірної статистики можливе з'ясування ступеня впливу різноманітних факторів на розподіл домінантних груп безхребетних.

Прояв на території степової зони України багатьох екологічних чинників (різноманітні процеси антропогенної трансформації, азоняльне положення та загальні особливості лісових екосистем – зволоженість, трофність, заплавність, екотонні ефекти тощо) не дозволяє апріорно виявити, які фактори найбільшою мірою впливатимуть на формування угруповань безхребетних тварин у конкретних ландшафтних умовах. Особливо неоднозначна ситуація сформувалася в умовах національного заповідника «Хортиця», який є заповідною зоною у межах мегаполісу, де гідрологічний режим визначається Запорізькою ГЕС, а надзвичайна строкатість ґрунтового покриву поєднується з їх відносно інтенсивним лісогосподарським освоєнням [1; 9; 10].

Мета цієї роботи – визначити фактори, що впливають на структуру герпетобіонтної мезофауни лісових екосистем острова Хортиця, виділити групи підстилкових безхребетних, чутливі до цих факторів.

Матеріал і методи досліджень

Матеріал зібрано у 2006 році на території Національного заповідника «Хортиця» (Запорізька область) ґрунтовими пастками Барбера. Обстежено 16 типів екосистем. Пробні ділянки обрано таким чином, щоб охопити всі типи (за типологією степових лісів О. Л. Бельгарда [2]) природних екосистем острова Хортиця. Ґрунтові пастки являли собою пластикові стаканчики висотою 100 мм та діаметром 65 мм. Зверху кожної

пастки встановлювали кришки, які виготовляли з толю у вигляді прямокутника 150×150 мм. Кришки закріплювали над банкою на висоті 50–100 мм від верхнього краю. Наповнювали пастки 20 % розчином *NaCl*. Чисельність підстилкових тварин перераховано на кількість екземплярів на 10 пастко-діб. Отримані дані оброблено та проаналізовано за допомогою пакета програм Statistica.

Результати та їх обговорення

Факторний аналіз розподілу підстилкової мезофауни (на рівні родин) обстежених пробних ділянок Національного заповідника «Хортиця» показав, що два найбільш значимих фактори (рис. 1) описують близько 40 % загальної дисперсії.

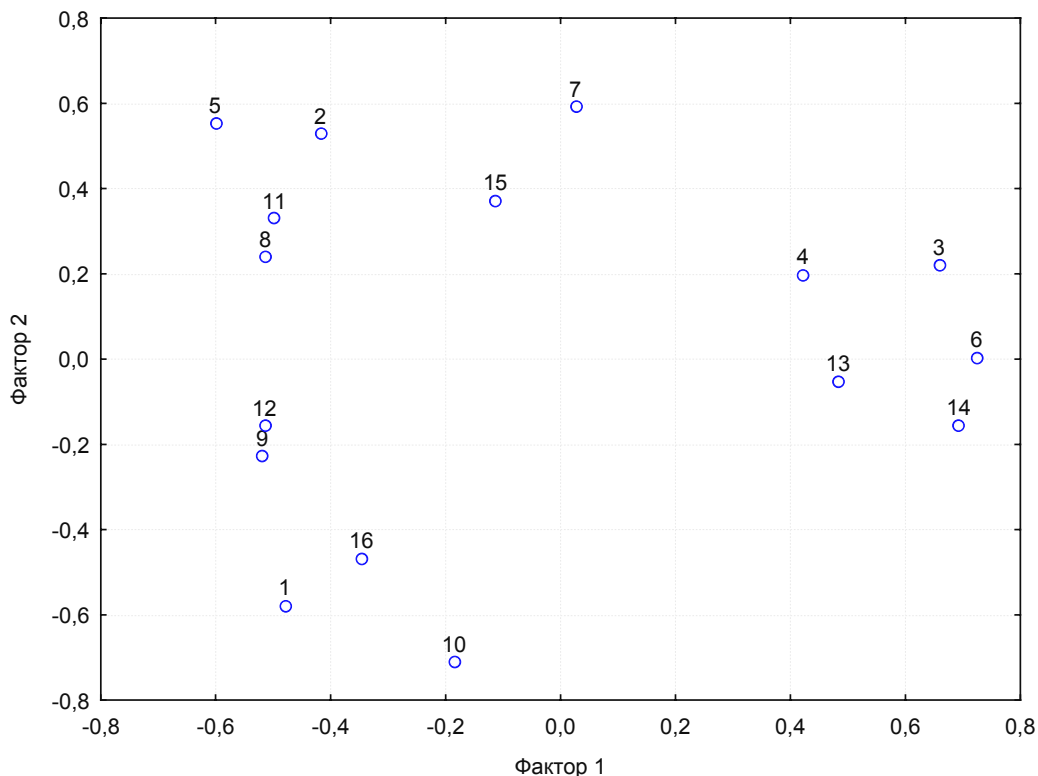


Рис. 1. Результати факторного аналізу розподілу підстилкової мезофауни (на рівні родин) на обстежених пробних ділянках Національного заповідника «Хортиця»:

фактор 1 – ступінь зволоженості підстилкового біогеогоризонту (24,0 % дисперсії),
фактор 2 – ступінь розвиненості підстилки (15,6 % дисперсії);

1 – узлісся мезоксерофільної пакленої діброви із зірчником; 2 – ксеромезофільна в'язова діброва із зірчником; 3 – гігромезофільний в'язоосокорник із аморфою кущовою; 4 – мезо-гігрофільний осокорник із чистотилом; 5 – ксеромезофільний бір із сухуватим різнотрав'ям; 6 – гігромезофільний в'язоосокорник із бугилою; 7 – мезофільна мертвопокровна в'язо-ясенєва діброва; 8 – гігромезофільний осокорник із підмаренником чіпким; 9 – мезофільна берестова діброва із чистотилом; 10 – ксеромезофільна мертвопокровна в'язо-ясенєва діброва; 11 – мезо-ксерофільна в'язо-ясенєва діброва із сухуватим різнотрав'ям; 12 – узлісся мезоксерофільного акацієвого насадження із сухуватим різнотрав'ям; 13 – мезофільна пакленова діброва з ожиною; 14 – мезофільна в'язова діброва із кропивою та ожиною; 15 – мезоксерофільне гледичієве насадження із сухуватим різнотрав'ям; 16 – мезофільний в'язоосокорник із галофільним різнотрав'ям

Додатнім значенням фактора 1 відповідають пробні ділянки з високою чисельністю *Isopoda* (283,62 екз./10 пастко-діб), *Silphidae* (5,92), *Opiliones* (1,56), *Stylogmatophora* (0,46); від'ємним значенням – пробні ділянки з високою чисельністю *Formicidae* (14,71), *Curculionidae* (2,69), *Collembola* (1,67), *Tenebrionidae* (0,60), *Orthoptera* (0,34). За даними геоботанічних описів і польових спостережень фактор 1 можна ідентифікувати як ступінь зволоженості підстилкового біогеогоризонту – один із визначних факторів, що впливають на розподіл герпетобію.

За фактором 2 розподіл підстилкової мезофауни (на рівні родин) виявив наступну ординацію. Додатнім значенням фактори 2 відповідають ділянки з домінуванням *Isopoda* (193,93 екз./10 пастко-діб), *Collembola* (1,62) та *Lithobiidae* (1,14), а його від'ємним значенням – пробні ділянки з високою чисельністю *Carabidae* (11,72), *Julidae* (7,23), *Dermaptera* (1,45), *Lepidoptera* (0,92), *Orthoptera* (0,60). За результатами аналізу геоботанічних описів пробних ділянок фактор 2 визначено як ступінь розвиненості підстилки.

На видовому рівні факторний аналіз розподілу герпетобіонтної мезофауни острова Хортиця (рис. 2) показав, що два найбільш значимих фактори описують близько 36 % загальної дисперсії. Фактор 1 для розподілу видів на обстежених пробних ділянках відображає ступінь розвиненості підстилкового горизонту (19,2 % дисперсії).

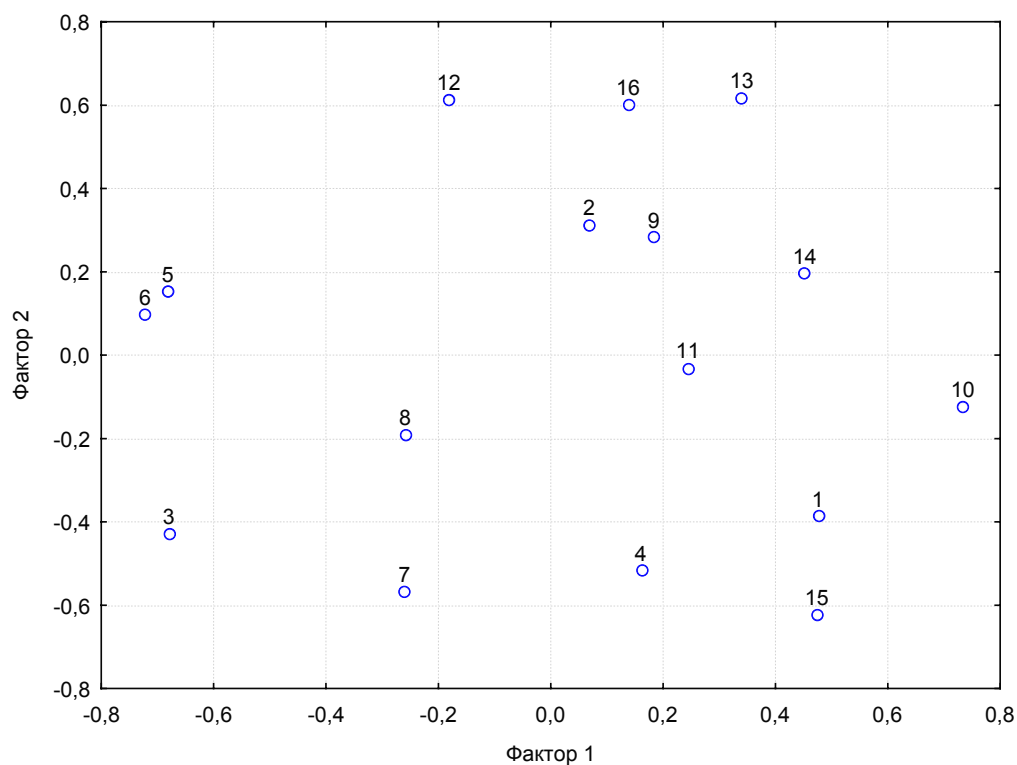


Рис. 2. Результати факторного аналізу розподілу домінантних видів підстилкової мезофауни по обстежених пробних ділянках Національного заповідника «Хортиця»:
фактор 1 – ступінь розвиненості підстилки (19,2 % дисперсії), фактор 2 – комплексний (17,1 % дисперсії); назви пробних ділянок відповідають наведеним на рис. 1

При аналізі розподілу безхребетних на рівні родин (див. рис. 1) ця характеристика підстилки перебуває лише на другому місці після зволоження та описує 15,6 % дис-

персії. Фактор 2 важко диференціювати, тому вважаємо, що цей фактор комплексний та складається з кількох окремих.

За домінуванням безхребетних тварин для лісових екосистем острова Хортиця зареєстровано два види з надзвичайно високою чисельністю (*Porcellio scaber* (Latreille, 1804) – 73,1 екз./10 пастко-діб та *Armadillidium vulgare* (Latreille, 1804) – 22,8 екз./10 пастко-діб), що свідчить про незбалансовану таксономічну структуру мезофауни. Шість видів (*Formica imitans* (Ruzsky, 1902), *Rossiulus kessleri* (Lochmander, 1927), *Pterostichus melanarius* (Illiger, 1798), *Lasius platythorax* (Seifert, 1991), *Silpha carinata* (Herbst, 1783) та *Entomobryidae* sp.) мають на порядок меншу середню чисельність (1,5–3,6 екз./10 пастко-діб).

28 домінантних видів безхребетних складають 92,9 % чисельності всієї мезофауни (яка включає 188 видів). Кластерний аналіз подібності розподілу цих домінантних видів (рис. 3) окреслює основні внутрішньосистемні зв'язки у тваринному населенні підстилкового біогеогоризонту, дозволяє виявляти нові особливості окремих видів.

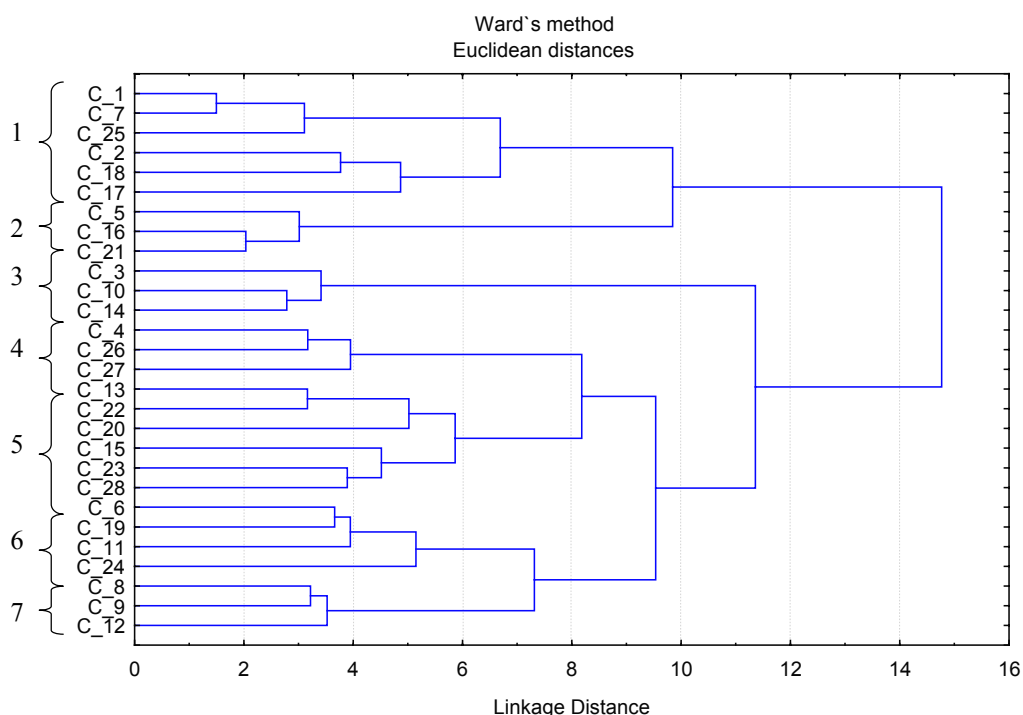


Рис. 3. Кластерний аналіз розподілу домінантних видів підстилкової мезофауни обстежених пробних ділянок Національного заповідника «Хортиця»:

C_1 – *Porcellio scaber* (Latreille, 1804), C_2 – *Armadillidium vulgare* (Latreille, 1804), C_3 – *Formica imitans* (Ruzsky, 1902), C_4 – *Rossiulus kessleri* (Lochmander, 1927), C_5 – *Pterostichus melanarius* (Illiger, 1798), C_6 – *Lasius platythorax* (Seifert, 1991), C_7 – *Silpha carinata* (Herbst, 1783), C_8 – *Entomobryidae* sp., C_9 – *Otiorrhynchus ovatus* (Linnaeus, 1758), C_10 – *Silpha carinata* (Herbst, 1783) (larvae), C_11 – *Calathus fuscipes* (Goeze, 1777), C_12 – *Formica cinerea* (Mayr, 1853), C_13 – *Harpalus rufipes* (De Geer, 1774), C_14 – *Tetramorium caespitum* (Linnaeus, 1758), C_15 – *Aranei* sp. 1, C_16 – *Opiliones* sp., C_17 – *Lasius brunneus* (Latreille, 1798), C_18 – *Aranei* sp. 2, C_19 – *Aranei* sp. 3, C_20 – *Otiorrhynchus raucus* (Fabricius, 1777), C_21 – *Cicadellidae* sp., C_22 – *Broscus cephalotes* (Linnaeus, 1758), C_23 – *Myrmica ruginodis* (Nylander, 1846), C_24 – *Gamasidae* sp., C_25 – *Monotarsobius* sp., C_26 – *Staphylinus* sp., C_27 – *Diptera* sp., C_28 – *Trochosa* sp.

Перебування видів у одному кластері може бути пов'язаним із подібними трофічними перевагами (конкурентні відносини), живленням одного виду іншими (хижацтво), подібними вимогами до мікрокліматичних або ґрунтово-рослинних умов, впливом тварин різних розмірних груп (нано-, мікро-, макрофауни) або популяцій інших біогео-горизонтів, впливом суміжних біогеоценозів тощо.

Найважливіший (за біомасою у герпетобії) кластер 1, який об'єднує *Porcellio scaber* (Latreille, 1804), *Armadillidium vulgare* (Latreille, 1804), *Silpha carinata* (Herbst, 1783), *Aranei sp.*, *Monotarsobius sp.*, *Lasius brunneus* (Latreille, 1798). Перші три види (фітосапрофаги) мають спільні ресурси живлення, інші (зоофаги та пантофаг) – домінують на перезволожений ділянках. Привертає увагу розмежування біотопів для личинкової та імагінальної фаз розвитку *Silpha carinata* (Herbst, 1783): личинки входять до кластера 3, а імаго – кластера 1. До всіх кластерів (крім 2) входять по одному–два види мурах. Це може свідчити про керівний вплив цих комах із соціальною організацією на інші популяції безхребетних тварин.

Висновки

Розподіл таксономічних груп різного рівня (родини та види) у підстилковій мезофауні підпорядкований як впливу внутрішньосистемних, так і зовнішніх відносно герпетобію чинників. Найбільший вплив здійснюють ступінь розвитку підстилкового горизонту та умови зволоження. Ступінь впливу екологічних чинників на різних таксономічних рівнях може відрізнятися.

Бібліографічні посилання

1. Барановский Б. А. Растительность руслового равнинного водохранилища (на примере Запорожского (Днепроовского) водохранилища). – Д.: Изд-во ДНУ, 2000. – 172 с.
2. Бельгард А. Л. Лесная рстительность юго-востока УССР. – К.: КГУ, 1950. – 264 с.
3. Бригадиренко В. В. Использование компонентного анализа в изучении сообществ гигрофильных видов жуужелиц (*Coleoptera: Carabidae*) // Известия Харьковского энтомологического общества. – 2002. – Т. 10, вып. 1–2. – С. 124–129.
4. Бригадиренко В. В. Закономерности распределения подстилочных беспозвоночных степных экосистем центрального степного Приднестровья // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія. – 2004. – Вип. 12, т. 1. – С. 13–18.
5. Гиляров М. С. Зоологический метод диагностики почв. – М.: Наука, 1965. – 278 с.
6. Гиляров М. С. Беспозвоночные животные и лесные биогеоценозы // Лесоведение. – 1967. – № 2. – С. 27–35.
7. Грицан Ю. І. Екологічні основи перетворюючого впливу лісової рослинності на степове середовище. – Д.: ДНУ, 2000. – 300 с.
8. Комаров О. С. Аналіз структури підстилкової мезофауни лісових біогеоценозів Полтавської області / О. С. Комаров, В. В. Бригадиренко // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія. – 2008. – Вип. 16, т. 1. – С. 111–118.
9. Приступа І. В. Флористичний аналіз ранньоквітучих трав'янистих рослин північно-східної частини о. Хортиця // Вісник Запорізького нац. ун-ту. Біологічні науки. – Запоріжжя: ЗНУ, 2006. – № 1. – 139–142.
10. Тарасов В. В. Флора Дніпропетровської та Запорізької областей. Судинні рослини. Біолого-екологічна характеристика видів. – Д.: Вид-во ДНУ, 2005. – 276 с.
11. Топчиев А. Г. Животное население мертвого покрова в искусственных лесах степной зоны Украины // Искусственные леса степной зоны Украины. – Харьков: ХГУ, 1960. – С. 341–368.
12. Травлев А. П. Взаимодействие растительности с почвами в лесных биогеоценозах настоящей степной Украины и Молдавии: Автореф. дисс. ... д-ра биол. наук. – Д.: ДГУ, 1972. – 49 с.

13. **Травлеев А. П.** Опыт детализации структурных компонентов лесного биогеоценоза в степи // Вопросы степного лесоведения. – Д.: ДГУ, 1973. – Вып. 4. – С. 6–18.
14. **Травлеев А. П.** Лес и почва в условиях степи / А. П. Травлеев, Л. П. Травлеев. – Д.: ДГУ, 1988. – 85 с.
15. **Apigian K. O.** Biodiversity of *Coleoptera* and the importance of habitat structural features in a Sierra Nevada mixed-conifer forest / K. O. Apigian, D. L. Dahlsten, S. L. Stephens // Environ. Entomol. – 2006. – Vol. 35, N 4. – P. 964–975.
16. **Eyre M. D.** An initial classification of the habitats of aquatic *Coleoptera* in North-East England / M. D. Eyre, S. G. Ball, G. N. Foster // The Journal of Applied Ecology. – 1986. – Vol. 23, N 3. – P. 841–852.
17. **Eyre M. D.** Beetles (*Coleoptera*) on brownfield sites in England: An important conservation resource? / M. D. Eyre, M. L. Luff, J. C. Woodward // Journal of Insect Conservation. – 2003. – Vol. 7, N 4. – P. 223–231.
18. **Longcore T.** Terrestrial arthropods as indicators of ecological restoration success in coastal sage scrub (California, USA) // Restoration Ecology. – 2003. – Vol. 11, N 4. – P. 397–409.
19. **Luff M. L.** Classification and ordination of habitats of ground beetles (*Coleoptera*, *Carabidae*) in North-East England / M. L. Luff, M. D. Eyre, S. P. Rushton // Journal of Biogeography. – 1989. – Vol. 16, N 2. – P. 121–130.
20. **Morphological diversity** of ground beetles (*Coleoptera*: *Carabidae*) in Scottish agricultural land / I. Ribera, D. I. McCracken, G. N. Foster, I. S. Downie, V. J. Abernethy // Journal of Zoology. – 1999. – Vol. 247. – P. 1–18.
21. **Ottesen P.** Niche segregation of terrestrial alpine beetles (*Coleoptera*) in relation to environmental gradients and phenology // Journal of Biogeography. – 1996. – Vol. 23, N 3. – P. 353–369.
22. **Painter D.** Macroinvertebrate distributions and the conservation value of aquatic *Coleoptera*, *Mollusca* and *Odonata* in the ditches of traditionally managed and grazing fen at Wicken Fen, UK // Journal of Applied Ecology. – 1999. – Vol. 36. – P. 33–48.
23. **Predicting** the distribution of ground beetle species (*Coleoptera*, *Carabidae*) in Britain using land cover variables / M. D. Eyre, S. P. Rushton, M. L. Luff, M. G. Telfer // Journal of Environmental Management. – 2004. – Vol. 72, N 3. – P. 163–174.
24. **Rehounek J.** Comparative study of the leaf beetles (*Coleoptera*: *Chrysomelidae*) in chosen localities in the district of Nymburk // Acta Universitatis Palackianae Olomucensis Facultas Rerum Naturalium. – Biologica. – 2001. – P. 39–40.

Надійшла до редколегії 28.02.2008