



УДК 574.4:591.9(253)+592:591.55

Вплив умов зволоження та мінералізації ґрунтового розчину на структуру підстилкової мезофауни широколистяних лісів степової зони України

В.В. Бригадиренко

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпропетровськ, Україна

Облік підстилкової мезофауни здійснювали на території Дніпропетровської, Запорізької, Миколаївської, Донецької областей України у природних лісових екосистемах у 2001–2014 рр. Обстежено 339 лісових екосистем. Ксеромезофільні умови зволоження характерні для 47 пробних ділянок, мезофільні – для 99, гігромезофільні – для 50, мезогірофільні – для 89, гігрофільні – для 54; трофотоп С представлений 35 пробними ділянками, Dc – 44, Dac – 76, Dn – 128, De – 37, E – 19 лісовими екосистемами. Відносна чисельність сапрофагів максимальних значень досягає у гігромезофільних, мезогірофільних та гігрофільних, а мінімальних – у мезофільних умовах зволоження. Частка рідкісних видів максимальна у гігромезофільних умовах зволоження. Мінімальна кількість масових видів також спостерігається в умовах гігромезофільних і мезогірофільних широколистяних лісів. У разі зростання зволоження ґрунту кількість видів Carabidae, Formicidae та інших доміантних родин залишається без достовірних змін. Відносна чисельність Formicidae максимальна у ксеромезофільних і мезофільних умовах зволоження ґрунту. У цих самих гіротопах, а також у гіромезофільних умовах зволоження максимальна чисельність Julidae. Відсоток у мезофауні Isopoda достовірно зростає у мезогірофільних та гігрофільних умовах зволоження. Частка інших доміантних таксономічних груп у структурі підстилкової мезофауни за чисельністю залишається без достовірних змін. У більшості проаналізованих гіротопів 7–8 родин входять до складу доміантів. В умовах засолення (трофотопи De та E), а також на легких супіщаних ґрунтах чисельність підстилкової мезофауни зменшується. Частка сапрофагів мінімальна у трофотопі Dc і E, у трофотопі C, Dac, Dn та De вона зростає. Наближається до оптимальної розмірна структура підстилкової мезофауни трофотопів Dac та Dn. Максимальна кількість видів Carabidae виявлена у трофотопі Dn. Кількість видів Formicidae зростає у трофотопі De та E. Чисельність Formicidae максимальна у лісових екосистемах трофотопів De та E. Частка Isopoda максимальна для лісових екосистем трофотопу De.

Ключові слова: різноманіття; трофічна структура; розмірна структура; структура домінування; лісові екосистеми

Influence of moisture conditions and mineralization of soil solution on structure of litter macrofauna of the deciduous forests of Ukraine steppe zone

V.V. Brygadyrenko

Oles Honchar Dnipropetrovsk National University, Dnipropetrovsk, Ukraine

The accounting of litter mesofauna was carried out in the territory of Dnipropetrovsk, Zaporizhzhya, Nikolaev, Donetsk regions of Ukraine in the natural forest ecosystems in 2001–2014. 339 forest ecosystems were surveyed; xeromesophilic conditions of moistening were characteristic for 47 trial sites, mesophilic conditions – for 99 sites, hygro-mesophilic conditions – for 50 sites, meso-hygrophilic conditions – for 89 sites, hygrophilic conditions – for 54 sites; trophotope C was represented by 35 trial sites, Dc – by 44, Dac – by 76, Dn – by 128, De – by 37, E – by 19 forest ecosystems, accordingly. The relative number of saprophages reaches maximum values in hygro-mesophilic, meso-hygrophilic and hygrophilic conditions, and minimum values – in mesophilic conditions of moistening. The share of rare species is maximum in hygro-mesophilic conditions of moistening. The minimum quantity of mass species is also observed in conditions of hygro-mesophilic and meso-hygrophilic deciduous forests. With the growth of moistening of the soil, quantity of species of Carabidae, Formicidae

and other dominant families remains without significant changes. The relative number of Formicidae is maximum in xeromesophilic and mesophilic conditions of soil moistening. In these hygrotopes, as well as in hygro-mesophilic conditions of moistening the Julidae numbers are maximum. The Isopoda percent in mesofauna significantly grows in meso-hygrophilic and hygrophilic conditions of moistening. The share of other dominant taxonomical groups in the structure of litter mesofauna remains without significant changes in numbers. In the majority of the analysed hygrotopes 7–8 families are withing the structure of dominants. In the conditions of salinization (trophotopes De and E), and also on light sandy loam soils, the numbers of litter mesofauna decrease. Share of saprophages is minimum in trophotopes Dc and E, while it increases in trophotopes C, Dac, Dn and De. The dimensional structure of litter mesofauna of trophotopes Dac and Dn comes nearer to optimum. The maximum quantity of Carabidae species is revealed in Dn trophotope. The quantity of Formicidae species increases in trophotopes De and E. The number of Formicidae species is maximum in the forest ecosystems of trophotopes De and E. The share of Isopoda is maximum in the forest ecosystems of trophotope De.

Keywords: diversity; trophic structure; dimensional structure; structure of domination; forest ecosystems

Вступ

Зволоження відіграє найбільшу роль в умовах степової зони, де випаровування може в 1,5–2,5 рази перевищувати кількість опадів (Bachinsky, 1962). Воно визначає біомасу як трав'яної, чагарникової та деревної рослинності, так і пов'язаних із ними угруповань мезофауни (Belgard, 1971; Brygadyrenko, 2003, 2004). Безхребетні мігрують у лесо́вій екосистемі у разі зміни умов зволоження, обираючи оптимальний гіротермічний режим (Gerisch et al., 2006). В умовах тайги чи у північній частині Євразії безхребетні тварини не настільки лімітовані умовами зволоження (Weber and Flannigan, 1997; Striganova and Poryadina, 2005; Gryuntal, 2009, 2010), як у степовій зоні. У бореальних екосистемах визначальний вплив на структуру угруповань здійснюють термічні умови місцеперебування, наявність трофічної бази, чисельність комахоїдних хребетних тварин тощо (Rybalov and Kamaev, 2011). У степовій зоні мікрорельєф, незначні пониження поверхні ґрунту сприяють накопиченню органічних решток і концентрації багатьох видів безхребетних (Faly and Brygadyrenko, 2014).

Опосередкований вплив на окремі характеристики угруповань безхребетних здатне чинити різноманіття рослин, у першу чергу дерев (Bjorkman, 1997; Stamps and Linit, 1997; Reynolds et al., 2003; Sobek et al., 2009; Oxbrough et al., 2012). Види рослин штучних лісових насаджень відрізняються як коротшим терміном пристосування одне до одного, так і несформованими зв'язками з безхребетними та мікроорганізмами (Butterfield and Malvido, 1992). Лісові фітоценози, створені людиною, часто не відповідають умовам місцеперебування за гідрологічними та ґрунтовими умовами (Belgard, 1971), що зумовлює ослаблення рослин, їх масове ушкодження хворобами та шкідниками (Brockhoff et al., 2008). Крім рослинності взаємодія між компонентами зооценозу може активно трансформувати підстилку угруповання. Досліджені механізми впливу окремих таксономічних груп безхребетних на мезофауну в цілому (Talbot et al., 2008; Slipinski et al., 2012).

Антропогенні чинники також істотно трансформують структуру угруповань підстилкових безхребетних, у першу чергу людина шляхом випалювання органічних решток на поверхні ґрунту знищує зоофагів та сапрофагів (Pakhomov and Brygadyrenko, 2005; Müller et al., 2007; Moroz et al., 2011). Не менш руйнівний вплив на угруповання безхребетних підстилки людина здійснює шляхом порушення цілісності природних місцеперебувань (Hanski, 1999). Фрагментація екосистем особливо небезпечна для тих тварин, яким властива відносно

висока міграційна активність (Didham, 1997). Третій чинник впливу людини на лісове середовище – це рекреаційне навантаження, особливо небезпечне в умовах фрагментованих та острівних лісів степової зони (Jabin et al., 2004; Wolf and Gibbs, 2004; Fedorchenko and Brygadyrenko, 2008). У степовій зоні України усі ліси належать до першої категорії, тобто рубки головного користування тут не здійснюються, а отже, і пряме вилучення деревини та пов'язане з ним механічне руйнування підстилки трапляється значно рідше (Brygadyrenko and Fedorchenko, 2007; Spitzer et al., 2008). Крім зазначених вище, десятки інших опосередкованих механізмів впливу людини на лісові екосистеми здатні реалізуватися на невеликих ділянках: від пестицидної обробки до збирання лікарських рослин або грибів (Batič et al., 1999; Berg et al., 2010).

Найчастіше для біоіндикації умов середовища використовують окремі, добре досліджені родини та ряди безхребетних тварин підстилки, наприклад, павуків або журунів (Rainio and Niemela, 2003; Oxbrough et al., 2005; Pearce and Venier, 2006; Cameron and Leather, 2012). При цьому певні види цих груп можуть бути вузько спеціалізованими (Polchaninova and Prokopenko, 2013) до невідомих зараз характеристик біотопів, мати невисоку міграційну активність, зникати за впливу дії невизначених досі біотичних, абіотичних або антропогенних чинників. Тому біоіндикацію умов середовища доцільно здійснювати не з використанням окремих видів, а шляхом аналізу їх комплексів або підстилкової мезофауни в цілому.

Оскільки складність об'єкта дослідження (підстилкової мезофауни) не дозволяє оцінити її структуру, аналізуючи окремі пробні ділянки, ми здійснили спробу узагальнити результати власних багаторічних досліджень, виконаних за єдиною методикою (Brygadyrenko, 2002, 2005; Brygadyrenko and Solovjov, 2007; Brygadyrenko and Komarov, 2008; Brygadyrenko et al., 2012 та ін.). Аналіз розподілу безхребетних тварин для широколистяних природних лісів, здійснений за результатами багаторічних спостережень для степової зони, раніше не проводився, подібний аналіз зроблено лише для соснових лісів і штучних лісових насаджень степової зони (Brygadyrenko, 2014, 2015).

Мета цієї статті – оцінити мінливість основних характеристик, трофічної, розмірної, таксономічної структури та структури домінування угруповань підстилкової мезофауни у природних широколистяних лісах степової зони України у градієнті зволоження ґрунту та мінералізації ґрунтового розчину.

Матеріал і методи досліджень

Облік підстилкової мезофауни здійснювали на території Дніпропетровської, Запорізької, Миколаївської, Донецької областей України у природних лісових екосистемах 30–200-річного віку у 2001–2014 рр. Для кожної пробної ділянки робили геоботанічний опис за стандартною методикою, враховували ступінь зімкненості деревного та чагарникового ярусів, покриття трав'яного біогеогоризонту для всіх рослин, а також для кожного виду рослин окремо.

Обстежено 339 лісових екосистем із домінуванням у наметі *Fraxinus excelsior* L. (82 пробні ділянки), *Quercus robur* L. (75), *Acer campestre* L. (39), *Tilia cordata* Mill. (36), *Populus tremula* L. (30), *Salix alba* L. (19), *Populus nigra* L. (18), *Ulmus laevis* Pall. (15), *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. (9), *Betula pubescens* Ehrh. (8), *Ulmus carpiniifolia* Rupr. ex G. Suckow (8 пробних ділянок). Обстежені ділянки залежно від зімкненості крон деревного ярусу розрізнялись таким чином: зімкненість крон менше 49% – 24 пробні ділянки, 50–59% – 52, 60–69% – 58, 70–79% – 99, 80–89% – 70, 90–100% – 36 лісових екосистем.

Відповідно до уявлень провідного фахівця у галузі степового лісознавства проф. О.Л. Бельгарда, найбільший вплив на ліси в умовах степової зони чинять зволоження та мінералізація ґрунтового розчину, яка корелює з механічним складом ґрунту (Belgard, 1971). Збираючи матеріал для цієї статті, ми обстежили 339 лісових екосистем: 47 пробних ділянок у ксеромезофільних умовах зволоження (гіротоп 1–2 за О.Л. Бельгардом), 99 – у мезофільних (гіротоп 2), 50 – у гігромезофільних (гіротоп 2–3), 89 – у мезогірофільних (гіротоп 3), 54 – у гірофільних умовах зволоження (гіротоп 4). Проаналізовані пробні ділянки відповідно до системи лісорослинних умов, обґрунтованою О.Л. Бельгардом, розподілені за тропотопами таким чином: С – 35 пробних ділянок, Дс – 44, Дас – 76, Дн – 128, Де – 37, Е – 19.

Підстилковий ярус – середовище існування підстилкової мезофауни та, одночасно, трофічний ресурс для живлення сапрофагів. Пробні ділянки для даного дослідження залежно від потужності підстилки розподілені таким чином: потужність підстилки не перевищує 10 мм – 105 пробних ділянок, 10–19 мм – 53, 20–29 мм – 106, 30–39 мм – 57, понад 40 мм – 18 пробних ділянок.

Найчастіше у травостої пробних ділянок домінують *Stellaria holostea* L., *Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm., *Urtica dioica* L., *Aegopodium podagraria* L., *Torilis japonica* (Houtt.) DC., *Ballota nigra* L., *Chelidonium majus* L., *Galium aparine* L., *Leonurus quinquelobatus* Gilib., *Campanula persicifolia* L., *Asarum europaeum* L., *Polygonatum multiflorum* (L.) All., *Pulmonaria obscura* Dumort., *Poa angustifolia* L., *P. nemoralis* L., *Viola odorata* L., *V. hirta* L. На супіщаних ґрунтах більшого поширення набувають *Dactylis glomerata* L., *Betonica officinalis* L., *Convallaria majalis* L., *Glechoma hederacea* L., *Polygonatum odoratum* (Mill.) Druce, *Ajuga genevensis* L., *Fragaria viridis* Weston, *Aristolochia clematitidis* L., *Sedum telephium* L., *Elymus caninus* (L.) L., *Arctium minus* (Hill) Bernh., *Salvia nemorosa* L. За мезогірофільних та гірофільних умов вологості ґрунту поширені *Lysimachia nummularia* L., *L. vulgaris* L., *Stellaria media* (L.) Vill., *Lycopus europaeus* L., *Filipendula vulgaris* Moench,

F. ulmaria (L.) Maxim., *Ranunculus repens* L., *C. praecox* Schreb., *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. За умов зростання мінералізації ґрунтового розчину у травостої також з'являються *Eryngium planum* L., *Beckmannia eruciformis* (L.) Host, *Plantago cornuti* Gouan, *Limonium hypanicum* Klokov. Трав'янисті рослини на пробних ділянках утворюють різною мірою зімкнені травостої, від фрагментарної рослинності до суцільних заростей. З обстежених ділянок 0–14% покриття травостою має 41 пробна ділянка, 15–29% – 54, 30–44 – 39, 45–59% – 34, 60–74% – 49, 75–89% – 80, 90–100% – 42 пробні ділянки.

Чагарниковий ярус на більшості обстежених пробних ділянок представлений *Sambucus nigra* L., *Euonymus verrucosa* Scop., *Eu. europaea* L., *Swida sanguinea* (L.) Opiz, *Crataegus monogyna* Jacq., *Salix cinerea* L., *S. pentandra* L., *Frangula alnus* Mill., *Corylus avellana* (L.) H.Karst., *Rosa canina* L., *Amorpha fruticosa* L., *Lonicera tatarica* L., *Sambucus racemosa* L., *Rhamnus cathartica* L. Для більшості обстежених ділянок його зімкненість коливається в межах 5–45%.

Ґрунтові пастки (об'ємом 500 мл із фіксатором 20% розчином NaCl) перевіряли залежно від погодних умов кожні 5–7 діб протягом 20–185 діб (від 3 до 24 вибірок на кожній пробній ділянці). Для порівняння структури угруповань мезофауни підстилки аналізували 20-добові проміжки часу (середина червня) по одному для кожної пробної ділянки.

Різноманіття мезофауни (Shannon and Weaver, 1949; Pélou, 1977) оцінювали за співвідношенням чисельності видів у вибірках за 20-добовий період. Аналізуючи таксономічну структуру, домінантами вважали родини або ряди, які перевищували 3% сумарної чисельності підстилкової мезофауни. Статистичну обробку результатів здійснювали у пакеті програм Statistica 8.0. На діаграмах показані медіана, 25–75% квантилі та окремі точки даних (так звані «викиди» – ° та екстремуми – *). У тексті наведено лише медіани характеристик: саме вони, а не середні значення найбільш показові для розподілу, який часто відхиляється від нормального. Для порівняння вибірок застосовано однофакторний дисперсійний аналіз, при цьому розбіжності між значеннями характеристик вважали достовірними за $P < 0,05$.

Результати та їх обговорення

Вплив на підстилкову мезофауну умов зволоження

Основні характеристики. Сумарна чисельність мезофауни (рис. 1 а) достовірно не змінюється у градієнті зволоження. Максимальна медіана чисельності спостерігається у мезофільних та гігромезофільних умовах зволоження (104 та 80 екз./100 пастко-діб), оптимальних для степової зони. У посушливіших і вологіших умовах зволоження медіана даної характеристики перебуває на рівні 20–32 екз./100 пастко-діб. Кількість видів підстилкової мезофауни у широколистяних лісах залежно від умов зволоження достовірно не змінюється, але спостерігається тенденція до її зростання при зростанні зволоження (рис. 1 б). Достовірних змін індексів різноманіття Шеннона та Пілоу (рис. 1 в, г) також не спостерігається.

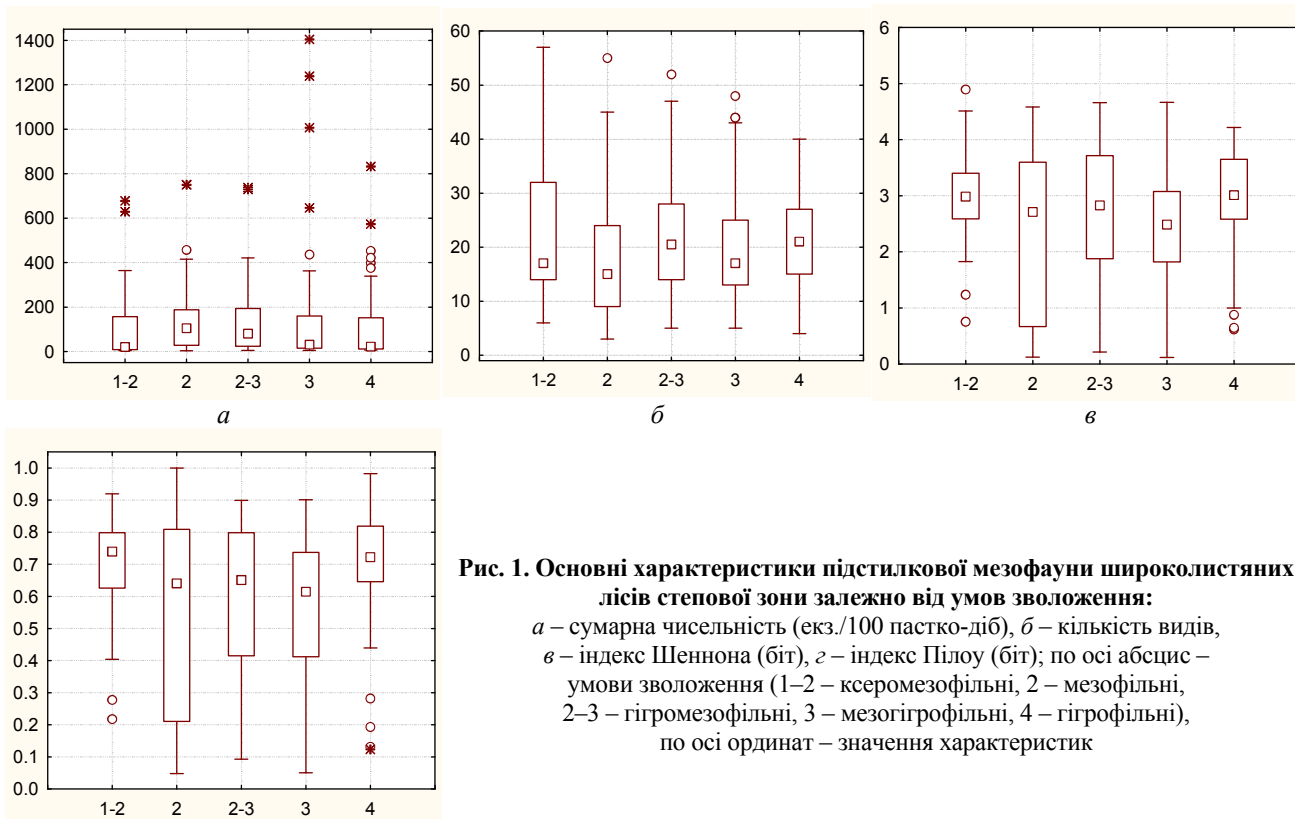


Рис. 1. Основні характеристики підстилкової мезофауни широколистяних лісів степової зони залежно від умов зволоження:
a – сумарна чисельність (екз./100 пастко-діб), *б* – кількість видів, *в* – індекс Шеннона (біт), *г* – індекс Пілоу (біт); по осі абсцис – умови зволоження (1–2 – ксеромезофільні, 2 – мезофільні, 2–3 – гігромезофільні, 3 – мезогірофільні, 4 – гірофільні), по осі ординат – значення характеристик

2

Трофічна структура. Відносна чисельність фітофагів (рис. 2 *a*) у складі підстилкової мезофауни широколистяних лісів степової зони достовірно не змінюється: медіана цієї характеристики для різних гігروتопів перебуває на рівні 2–4%, відносна чисельність фітофагів максимальна у двох крайніх проаналізованих гігروتопах

(ксеромезофільних і гірофільних місцеперебуваннях). Відносна чисельність сапрофагів також достовірно не змінюється (рис. 2 *б*), максимальних значень (медіана 47–52%) досягає у гігромезофільних, мезогірофільних та гірофільних, а мінімальних (21%) – у мезофільних умовах зволоження.

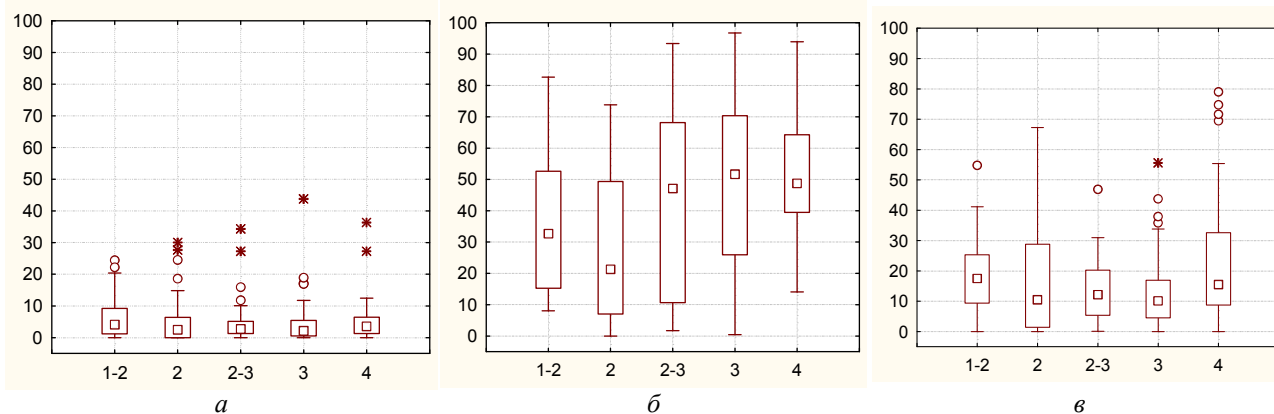


Рис. 2. Трофічна структура (за чисельністю) підстилкової мезофауни широколистяних лісів степової зони залежно від умов зволоження:
a – фітофаги, *б* – сапрофаги, *в* – зоофаги, *г* – поліфаги; по осі абсцис – умови зволоження (1–2 – ксеромезофільні, 2 – мезофільні, 2–3 – гігромезофільні, 3 – мезогірофільні, 4 – гірофільні), по осі ординат – частка трофічної групи в герпетобії (%)

2

Частка зоофагів у герпетобії за різних умов зволоження відносно стабільна (рис. 2 в): медіана цієї характеристики у різних гігروتобах природних широколистяних лісів змінюється у досить вузькому діапазоні (10–18%). Частка поліфагів у складі підстилкової мезофауни (рис. 2 з) має тенденцію до зниження при переході від посушливих до вологих ґрунтових умов у широколистяних лісах степової зони (медіана зменшується з 48% до 21% від чисельності мезофауни).

Кількість видів усіх чотирьох проаналізованих трофічних груп мезофауни достовірно не змінюється у п'яти градаціях зволоження широколистяних лісів (рис. 3), при цьому медіана для різних гігروتобів для фітофагів перебуває на рівні 2–3 видів, сапрофагів – 4–6, зоофагів – 5–10, поліфагів – 4–5 видів.

Структура домінування. Частка рідкісних видів (<1,5% чисельності) максимальна у гігромезофільних умовах зволоження (рис. 4 в). Мінімальна кількість масових видів (>12,5%) також спостерігається в умовах гігромезофільних і мезогігрофільних широколистяних лісів (для цих гігروتобів медіана жодної із трьох проаналізованих груп домінування не відрізняється від 0, рис. 4 в, з). У цілому структура домінування підстилкової мезофауни широколистяних лісів порівняно з

лісовими насадженнями (Brygadyrenko, 2015) та хвойними лісами степової зони (Brygadyrenko, 2014) близька до оптимальної.

Розмірна структура. Частка найменшої розмірної групи (<4 мм довжини тіла) максимальна у мезофільних типах лісу (медіана дорівнює 22%, рис. 5 б) порівняно з іншими гігروتобами, де медіана цієї характеристики перебуває на рівні 6–9%. Максимальна висота піка на діаграмі розмірної структури для групи довжиною тіла 4–7 мм розташована на рівні 55–59% (медіана) для ксеромезофільних, мезогігрофільних та гігрофільних умов зволоження (рис. 5 а, з, д). Це дещо менші величини порівняно зі значеннями цього параметра для різних гігروتобів лісових насаджень (Brygadyrenko, 2015) або соснових лісів степової зони (Brygadyrenko, 2014), де медіана даної характеристики може перевищувати 85%. Чисельність найбільших за розмірами тіла (>20 мм) груп безхребетних у підстилці мінімальна у гігрофільних умовах зволоження (рис. 5 д), в інших гігروتобах чисельність цих розмірних груп достовірно відрізняється від 0. Додаткові піки на кривій розмірної структури (для розмірної групи 12–15 мм довжини тіла) наявні знову ж таки у гігрофільних типах лісів (рис. 5 д), в інших гігروتобах відсутні.

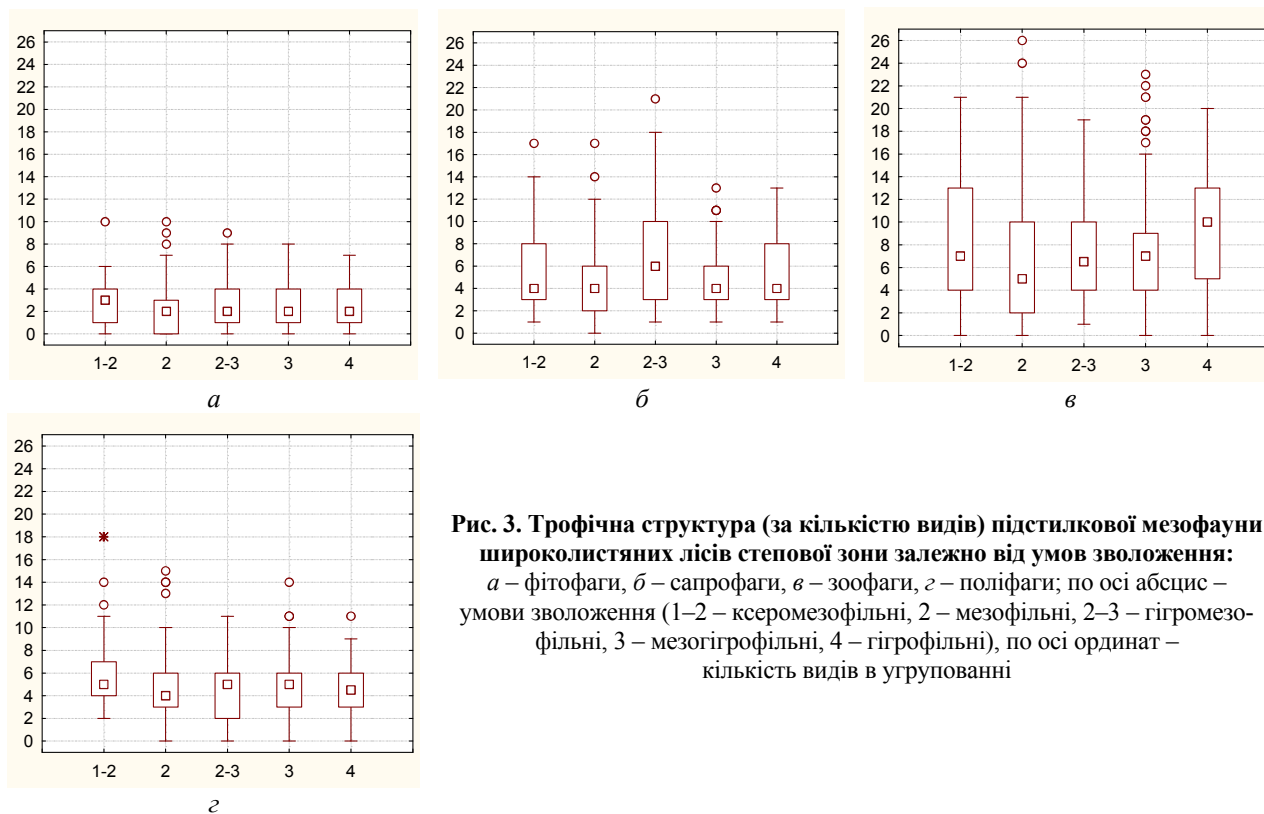


Рис. 3. Трофічна структура (за кількістю видів) підстилкової мезофауни широколистяних лісів степової зони залежно від умов зволоження:

а – фітофаги, б – сапрофаги, в – зоофаги, з – поліфаги; по осі абсцис – умови зволоження (1–2 – ксеромезофільні, 2 – мезофільні, 2–3 – гігромезофільні, 3 – мезогігрофільні, 4 – гігрофільні), по осі ординат – кількість видів в угрупованні

Розподіл угруповань мезофауни за кількістю видів має подібні закономірності для всіх проаналізованих гігروتобів широколистяних лісів (рис. 6). Максимальна висота піків за кількістю видів зареєстрована для розмірної групи 4–7 мм у гігрофільних умовах (медіана – 10 видів, рис. 6 д), для цих самих умов зволоження характерна також максимальна висота піка, що відповідає розмірній групі <4 мм. Тобто у гігрофільних типах широколистяних лісів спостерігається спрощення розмірної структури підстилкової мезофауни як за

чисельністю, так і за кількістю видів. Таким чином, діаграми розмірної структури свідчать про близький до оптимального розподіл безхребетних за розмірами їх тіла у складі підстилкової мезофауни більшості гігروتобів широколистяних лісів степової зони (крім гігрофільних умов зволоження).

Таксономічна структура. У разі зростання зволоження ґрунту кількість видів Carabidae у підстилці залишається без достовірних змін (медіана – 4 види, рис. 7), Formicidae – теж достовірно не змінюється (1–3 види).

Інші доміантні родини безхребетних також достовірно не змінюють кількість видів у своєму складі.

У таксономічній структурі підстилкової мезофауни за чисельністю відбуваються помітніші зміни (рис. 8). Відносна чисельність Formicidae максимальна у ксеромезофільних і мезофільних умовах зволоження ґрунту (медіана 24% та 22% відповідно). У цих самих гігروتопах, а також у гігрозомезофільних умовах зволоження максимальна чисельність Julidae (рис. 8 а, б, в). Відсоток у мезофауні Isopoda достовірно зростає з 3–11% (медіана

до 25% та 38% у мезогігрофільних та гігрофільних умовах зволоження відповідно (рис. 8 з, д). Частка інших доміантних таксономічних груп у структурі підстилкової мезофауни залишається без достовірних змін. Порівняно з таксономічною структурою соснових лісів та широколистяних лісових насаджень таксономічна структура мезофауни природних типів широколистяних лісів різноманітніша, у більшості проаналізованих гігروتопів 7–8 родин входять до складу доміантів (чисельність яких перевищує 3% загальної чисельності мезофауни).

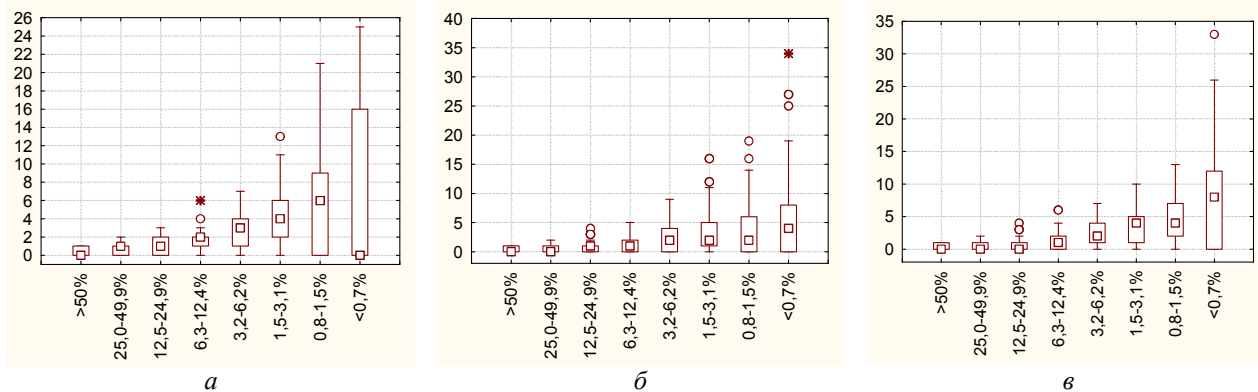


Рис. 4. Структура домінування підстилкової мезофауни широколистяних лісів степової зони залежно від умов зволоження:
 а – ксеромезофільні, б – мезофільні, в – гігрозомезофільні, г – мезогігрофільні, д – гігрофільні; по осі абсцис – частка виду в угрупованні (%), по осі ординат – кількість видів в угрупованні

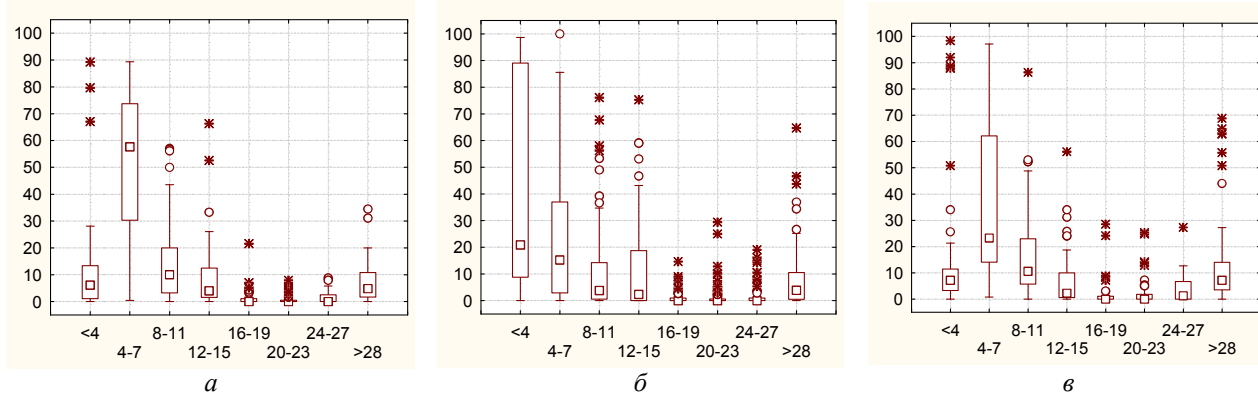
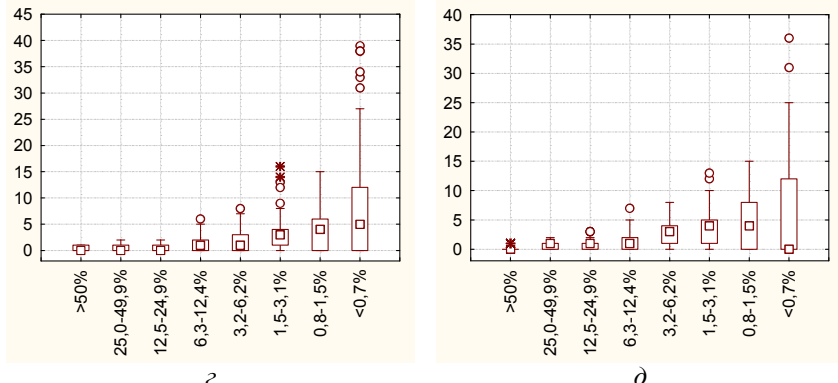
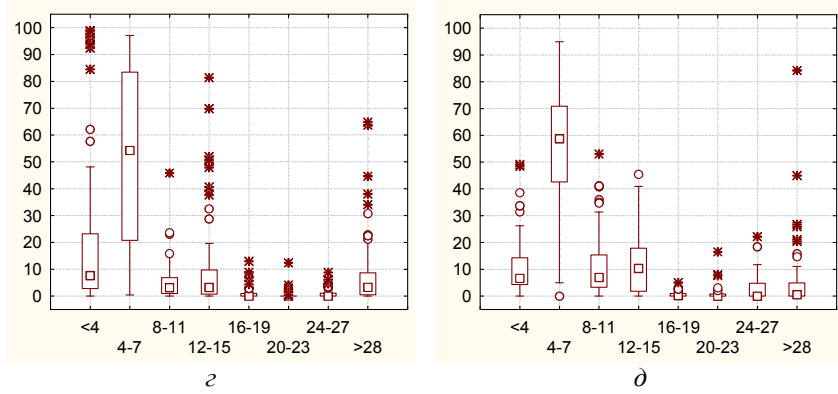


Рис. 5. Розмірна структура підстилкової мезофауни широколистяних лісів степової зони залежно від умов зволоження:
 а – ксеромезофільні, б – мезофільні, в – гігрозомезофільні, г – мезогігрофільні, д – гігрофільні; по осі абсцис – довжина тіла особин (мм), по осі ординат – частка особин даної розмірної групи в угрупованні (%)



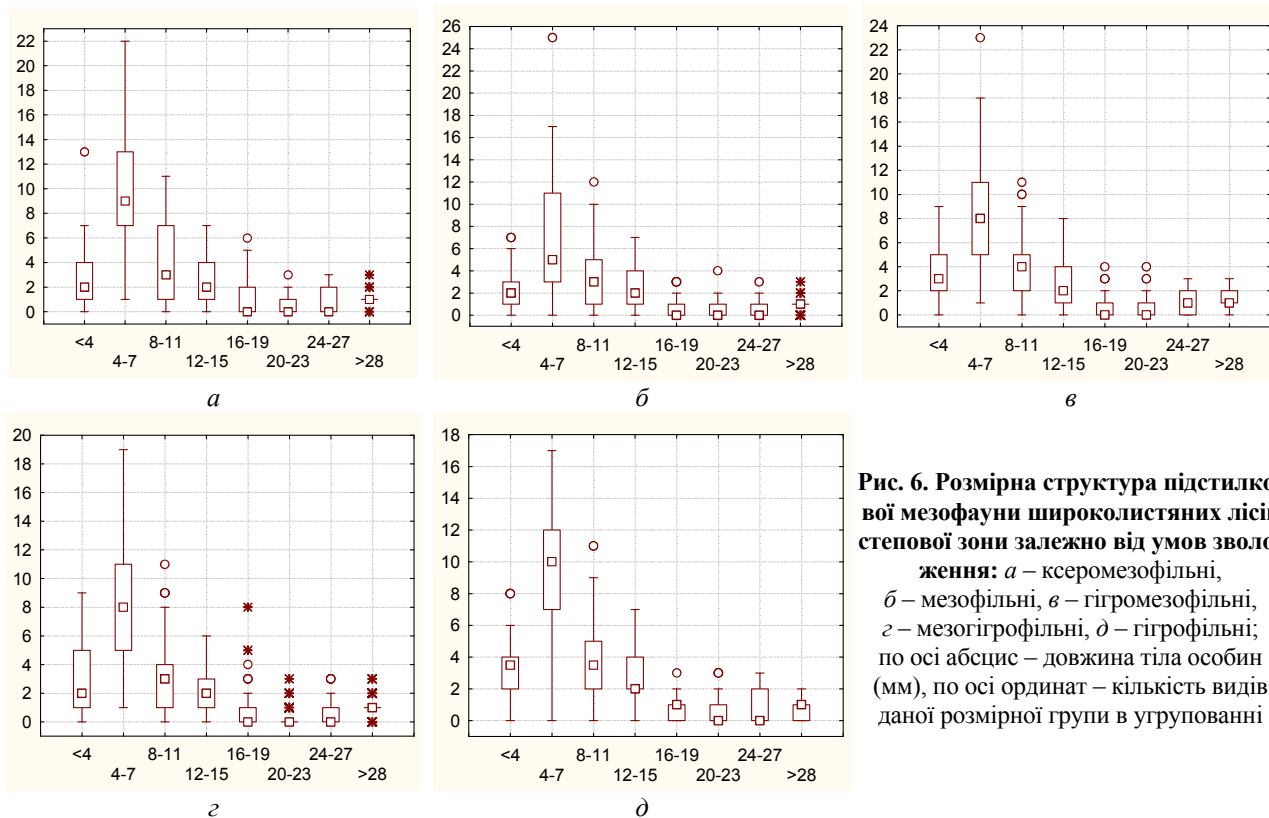


Рис. 6. Розмірна структура підстилкової мезофауни широколистяних лісів степової зони залежно від умов зволоження: *а* – ксеромезофільні, *б* – мезофільні, *в* – гігромезофільні, *г* – мезогідрофільні, *д* – гідрофільні; по осі абсцис – довжина тіла особин (мм), по осі ординат – кількість видів даної розмірної групи в угрупованні

Вплив на підстилкову мезофауну трофотопу

Основні характеристики. Сумарна чисельність мезофауни максимальна у трофотопі Dc, Dac та Dn (медіана – 169, 90 та 96 екз./100 пастко-діб відповідно, рис. 9 *а*). За умов засолення (трофотопи De та E), а також на легких супіщаних ґрунтах медіана чисельності підстилкової мезофауни зменшується до 9–21 екз./100 пастко-діб. Достовірної зміни кількості видів у різних трофотопіях природних типів широколистяних лісів не спостерігається (рис. 9 *б*). Індекси різноманіття Шеннона та Пілоу також достовірно не змінюються залежно від трофності едафотопу (рис. 9 *в, г*). Таким чином у широколистяних лісах степової зони відбувається поступова зміна видового складу мезофауни, але кількість видів, так само як і індекси різноманіття, при цьому залишаються на постійному рівні.

Трофічна структура. Відносна чисельність фітофагів у різних трофотопіях залишається на постійному рівні (медіана коливається в межах 2–4%, рис. 10 *а*). Частка сапрофагів у складі підстилкової мезофауни мінімальна у трофотопі Dc і E (медіана 18 та 14% відповідно), у трофотопі C, Dac, Dn та De вона зростає до 36–44% (рис. 10 *б*). Відсоток у складі підстилкової мезофауни зоофагів (рис. 10 *в*) у градієнті мінералізації ґрунтового розчину має тенденцію до зменшення (медіана зменшується з 19% до 10–12%), а поліфагів (рис. 10 *г*), навпаки, зростає (з 23–26% до 46–50%). Але достовірних відмінностей за відносною чисельністю цих трофічних груп не зареєстровано. Кількість видів у складі жодної з чотирьох трофічних груп у градієнті трофності ґрунтового розчину достовірно не змінюється (рис. 11): у трофотопі Dn, De та E відбувається поступова заміна лісових видів на галофільні.

Структура домінування. Частка рідкісних видів (менше 1,5% за чисельністю) мінімальна у широколи-

стяних лісах трофотопів C та E (рис. 12 *а, е*). Максимальна кількість масових видів (понад 12,5%) також спостерігається у трофотопі C. Наближеною до оптимальної можна вважати розмірну структуру мезофауни трофотопів Dac та Dn (рис. 12 *в, г*).

Розмірна структура. Частка найменшої розмірної групи (<4 мм) достовірно не відрізняється в усіх досліджених трофотопіях (рис. 13). Максимальний відсоток розмірної групи 4–7 мм зареєстрований у трофотопі De та E (рис. 13 *д, е*). У цих самих трофотопіях спостерігається випадання частини розмірних груп безхребетних зі складу підстилкової мезофауни. Додатковий пік для розмірної групи 12–15 мм та низька чисельність видів довжиною тіла понад 20 мм характерні для трофотопу C (рис. 13 *а*). За кількістю видів розмірна структура проаналізованих типів лісу подібна, розбіжності між трофотопіями не виявляються (рис. 14).

Таксономічна структура. Максимальна кількість видів Carabidae виявлена у трофотопі Dn (рис. 15 *д*) – у середньому 2 види, порівняно з 4–5 видами у трофотопі Dac і Dn (рис. 15 *в, г*). Кількість видів Formicidae зростає у трофотопі De та E (рис. 15 *д, е*). Кількість видів інших домінуючих таксономічних груп достовірно не змінюється.

Медіана чисельності Formicidae максимальна у лісових екосистемах трофотопів De та E (47% та 49% відповідно, рис. 16 *д, е*). В інших трофотопіях частка мурах у мезофауні перебуває на рівні 8–14% за чисельністю. Частка турунів у підстилковій мезофауні лісових екосистем різних трофотопів достовірно не змінюється. Частка Isopoda максимальна для лісових екосистем трофотопу De (медіана 34%, рис. 16 *д*). Відносна чисельність Lycosidae та Julidae у підстилковій мезофауні різних трофотопів достовірно не змінюється.

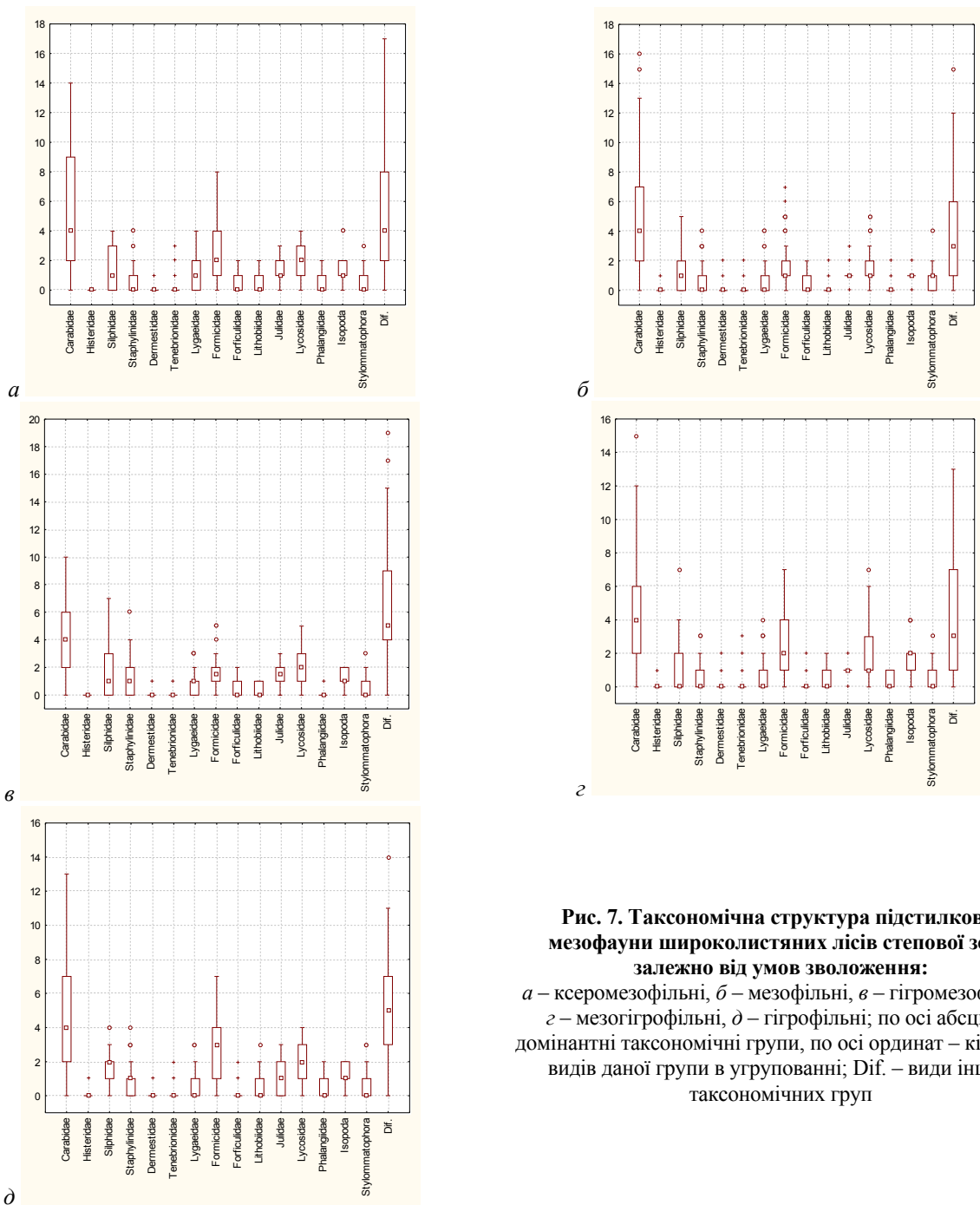


Рис. 7. Таксономічна структура підстилкової мезофауни широколистяних лісів степової зони залежно від умов зволоження:
 а – ксеромезофільні, б – мезофільні, в – гігромезофільні, г – мезогідрофільні, д – гідрофільні; по осі абсцис – домінантні таксономічні групи, по осі ординат – кількість видів даної групи в угрупованні; Dif. – види інших таксономічних груп

Аналізуючи вплив на підстилкову мезофауну зволоження та мінералізації ґрунтового розчину, треба мати на увазі, що до найважливіших параметрів середовища для безхребетних тварин належать також потужність підстилки, зімкненість крон дерев, наявність і ступінь розвитку трав'яного ярусу у лісовій екосистемі (Вругадюченко, 2002, 2004). До основних чинників, які визначають чисельність підстилкової фауни, належить також чисельність комахоїдних ссавців, птахів і амфібій, дуже рідко – рептилій (Bulakhov et al., 2008; Bulakhov and Pakhomov, 2010; Vobyliov et al., 2014). Дослідження впливу цих чинників потребує застосування спеціальних методів. Результати наших попередніх розрахунків (Вругадюченко, 2006), виконаних на базі 29 заплавлених лісових екосистем, свідчать, що ані кількість видів, ані їх

чисельність, індекси різноманіття, чисельність доміантних родин підстилкових безхребетних тварин достовірно не змінюються залежно від умов зволоження. Це дослідження, виконане на основі аналізу підстилкової мезофауни 339 лісових екосистем, підтверджує результати, отримані у 2006 році. Результати нашого 14-річного дослідження дозволяють стверджувати, що трофічна, розмірна та таксономічна структури мезофауни на рівні родин – набагато стабільніша система, ніж це уявлялося раніше. У складі мезофауни різних гігротопів або трофотопів відбувається закономірна зміна видів, при цьому трофічна, розмірна, таксономічна структури та структура домінування для не порушених людиною лісових екосистем у більшості випадків залишаються відносно стабільними.

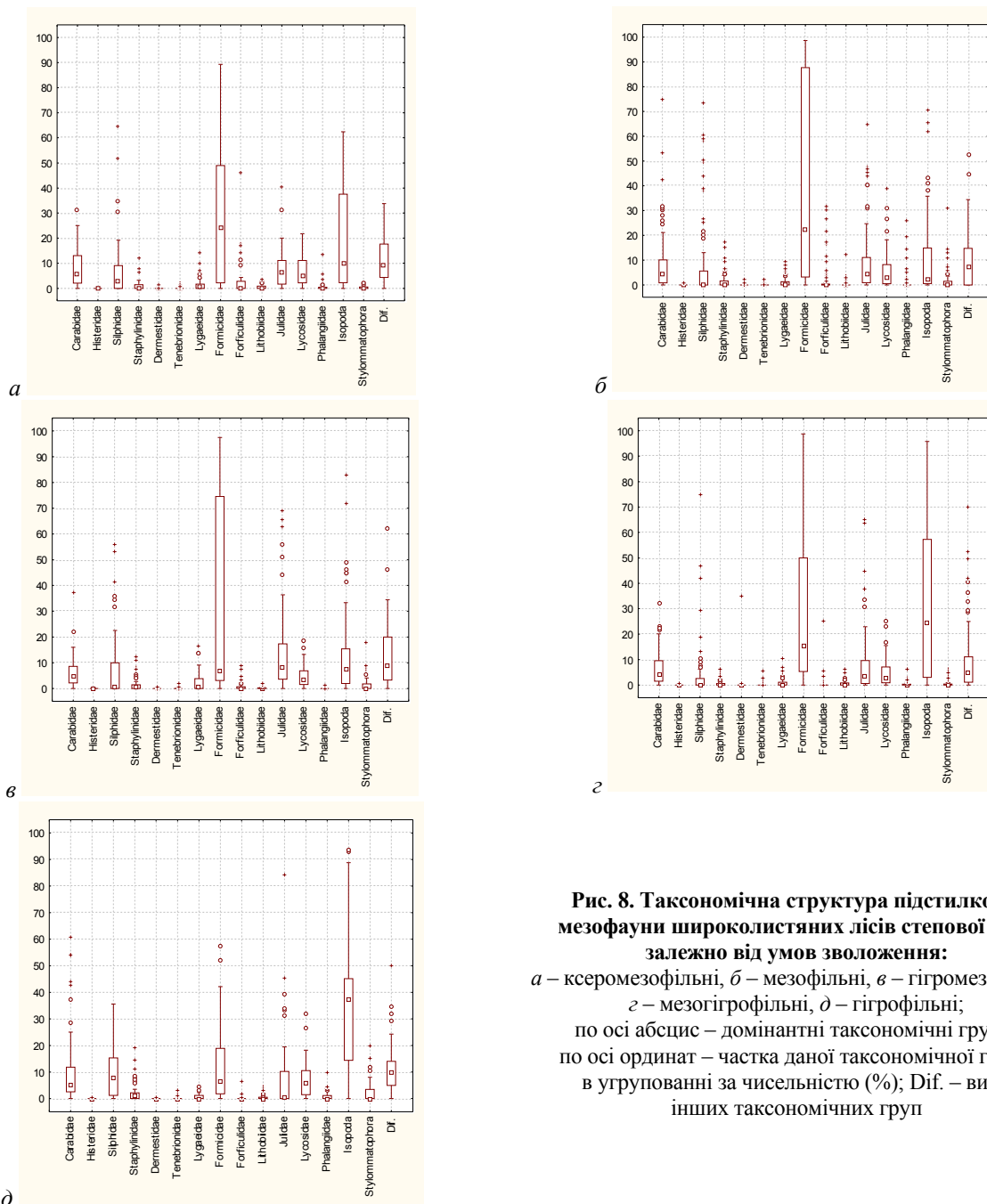


Рис. 8. Таксономічна структура підстилкової мезофауни широколистяних лісів степової зони залежно від умов зволоження:
a – ксеромезофільні, *б* – мезофільні, *в* – гігромезофільні, *г* – мезогірофільні, *д* – гірофільні;
 по осі абсцис – домінантні таксономічні групи, по осі ординат – частка даної таксономічної групи в угрупованні за чисельністю (%); Dif. – види інших таксономічних груп

Висновки

У градієнті умов зволоження сумарна чисельність та кількість видів мезофауни широколистяних лісів степової зони достовірно не змінюються. Достовірних змін індексів різноманіття Шеннона та Пілоу також не спостерігається.

Відносна чисельність сапрофагів максимальних значень досягає у гігромезофільних, мезогірофільних та гірофільних, а мінімальних – у мезофільних умовах зволоження. Частка фітофагів та зоофагів у герпетобії за різних умов зволоження відносно стабільна. Частка поліфагів має тенденцію до зниження під час переходу від посушливих до вологих ґрунтових умов. Кількість видів чотирьох трофічних груп також достовірно не змінюється у п'яти градаціях зволоження широколистяних лісів.

Частка рідкісних видів максимальна у гігромезофільних умовах зволоження. Мінімальна кількість масових видів також спостерігається в умовах гігромезофільних і мезогірофільних широколистяних лісів.

Частка найменшої розмірної групи (<4 мм довжини тіла) максимальна у мезофільних типах лісу. Максимальна висота піка на діаграмі розмірної структури для групи довжиною тіла 4–7 мм зареєстрована у ксеромезофільних, мезогірофільних та гірофільних умовах зволоження. Чисельність найбільших за розмірами тіла (>20 мм) груп безхребетних у підстилці мінімальна у гірофільних умовах зволоження. Додаткові піки на кривій розмірної структури (для розмірної групи 12–15 мм довжини тіла) наявні також у гірофільних типах лісів. У гірофільних типах широколистяних лісів спостерігається спрощення розмірної структури підстилкової мезофауни як за чисельністю, так і за кількістю видів.

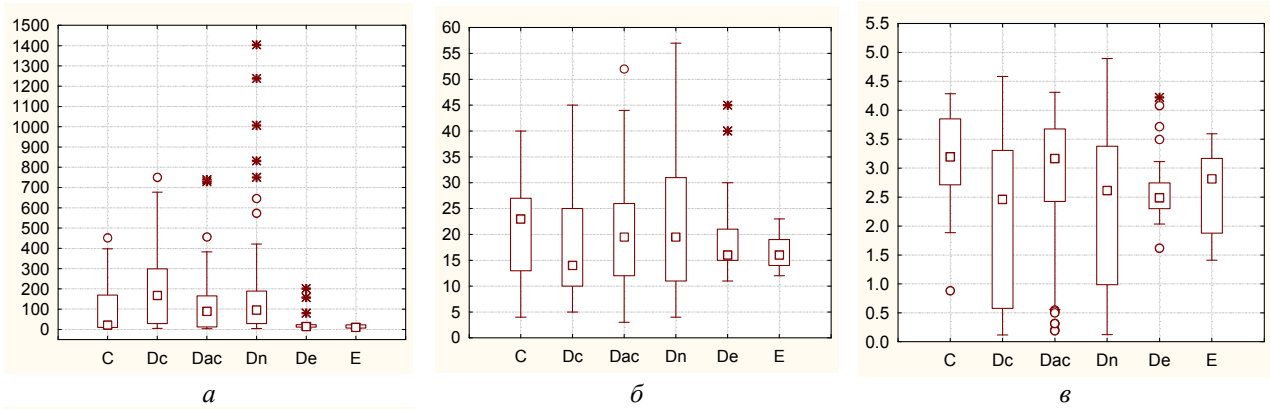


Рис. 9. Основні характеристики підстилкової мезофауни широколистяних лісів степової зони залежно від трофності едафотопу:
a – сумарна чисельність (екз./100 пастко-діб), *б* – кількість видів,
в – індекс Шеннона (біт), *г* – індекс Пілоу (біт); по осі абсцис – трофотоп, по осі ординат – значення характеристик

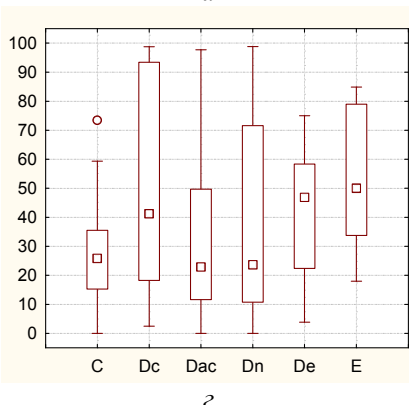
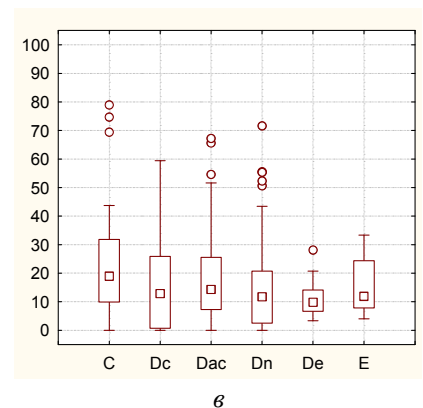
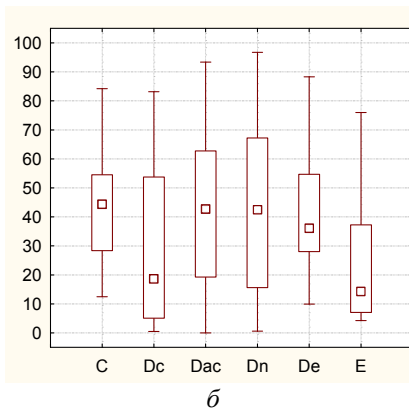
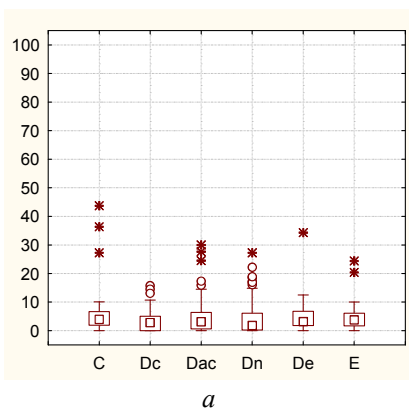
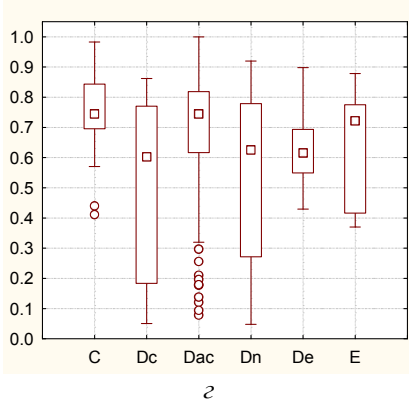


Рис. 10. Трофічна структура (за чисельністю) підстилкової мезофауни широколистяних лісів степової зони залежно від трофності едафотопу:
a – фітофаги, *б* – сапрофаги, *в* – зоофаги, *г* – поліфаги; по осі абсцис – трофотоп, по осі ординат – частка трофічної групи в герпетобії (%)

Під час зростання зволоження ґрунту кількість видів *Sarabidae*, *Formicidae* та інших домінантних родин залишається без достовірних змін. Відносна чисельність *Formicidae* максимальна у ксеромезофільних і мезофільних умовах зволоження ґрунту. У цих самих гігротопах, а також у гігромезофільних умовах зволоження максимальна чисельність *Julidae*. Відсоток у

мезофауни *Isopoda* достовірно зростає у мезогірофільних та гірофільних умовах зволоження. Частка інших домінантних таксономічних груп у структурі підстилкової мезофауни за чисельністю залишається без достовірних змін. У більшості проаналізованих гігротопів 7–8 родин входять до складу домінантів.

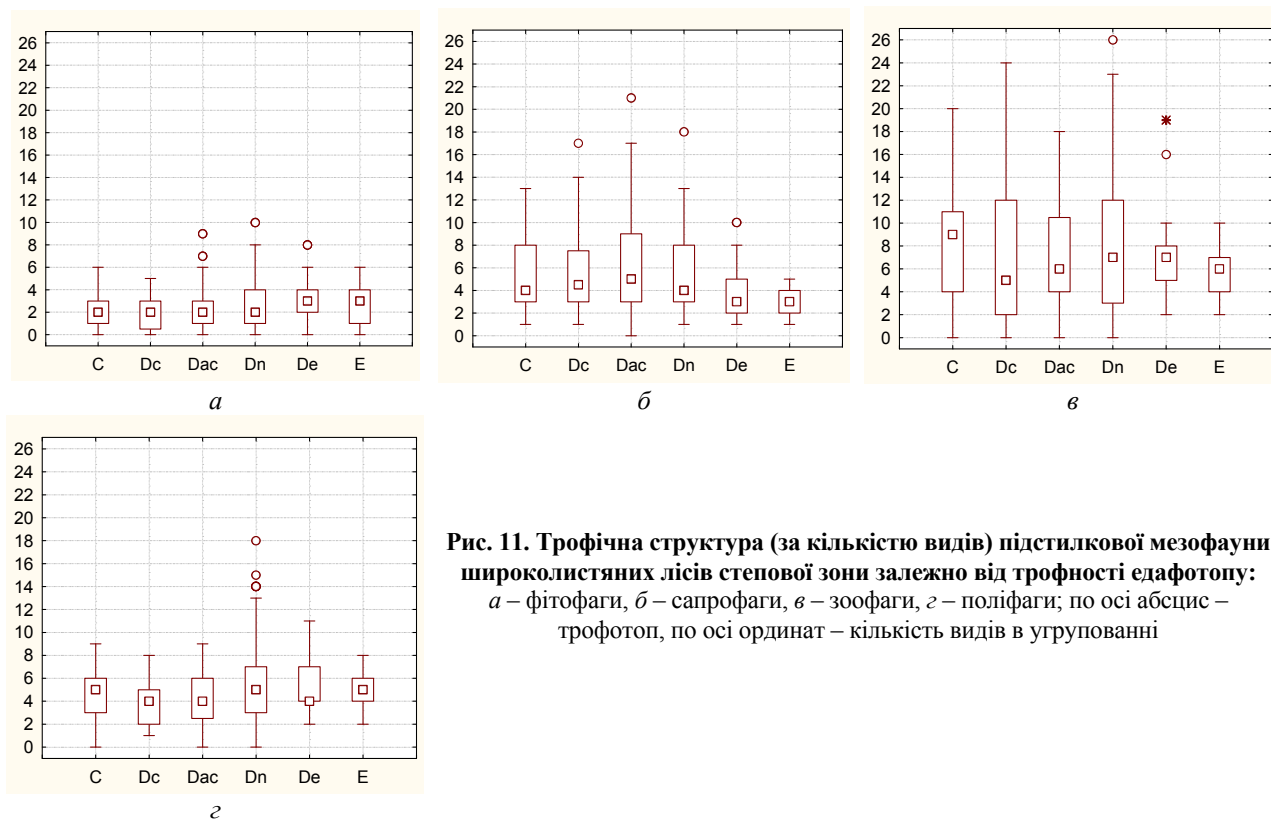


Рис. 11. Трофічна структура (за кількістю видів) підстилкової мезофауни широколистяних лісів степової зони залежно від трофності едафотопу: а – фітофаги, б – сапрофаги, в – зоофаги, г – поліфаги; по осі абсцис – трофотоп, по осі ординат – кількість видів в угрупованні

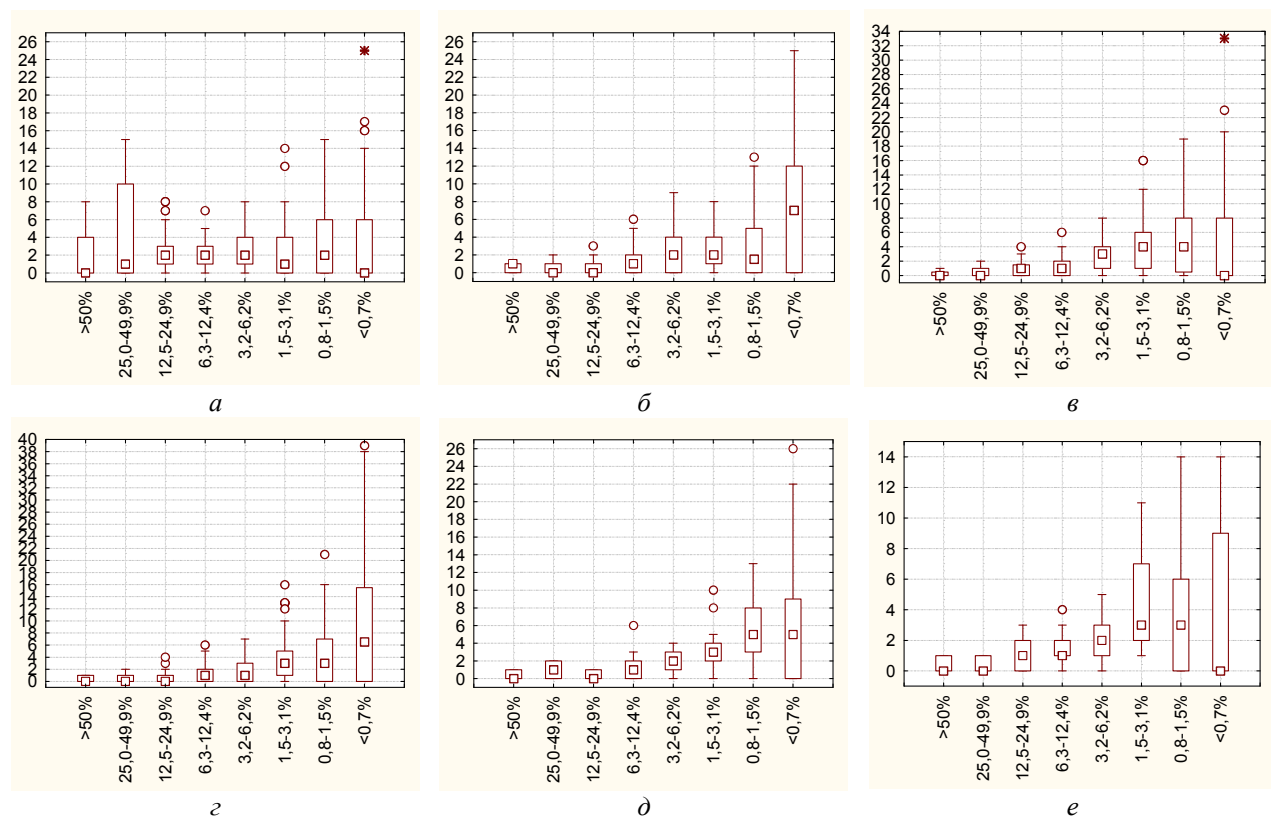


Рис. 12. Структура домінування підстилкової мезофауни широколистяних лісів степової зони залежно від трофності едафотопу: а – трофотоп С, б – Dc, в – Dac, г – Dn, д – De, е – трофотоп Е; по осі абсцис – частка виду в угрупованні (%), по осі ординат – кількість видів в угрупованні

Сумарна чисельність мезофауни максимальна у тротопах Dc, Dac та Dn. За умов засолення (трофотопи De та E), а також на легких супіщаних ґрунтах чисельність підстилкової мезофауни зменшується. Достовірної зміни

кількості видів, індексів різноманіття Шеннона та Пілоу в різних тротопах природних типів широколистяних лісів не спостерігається.

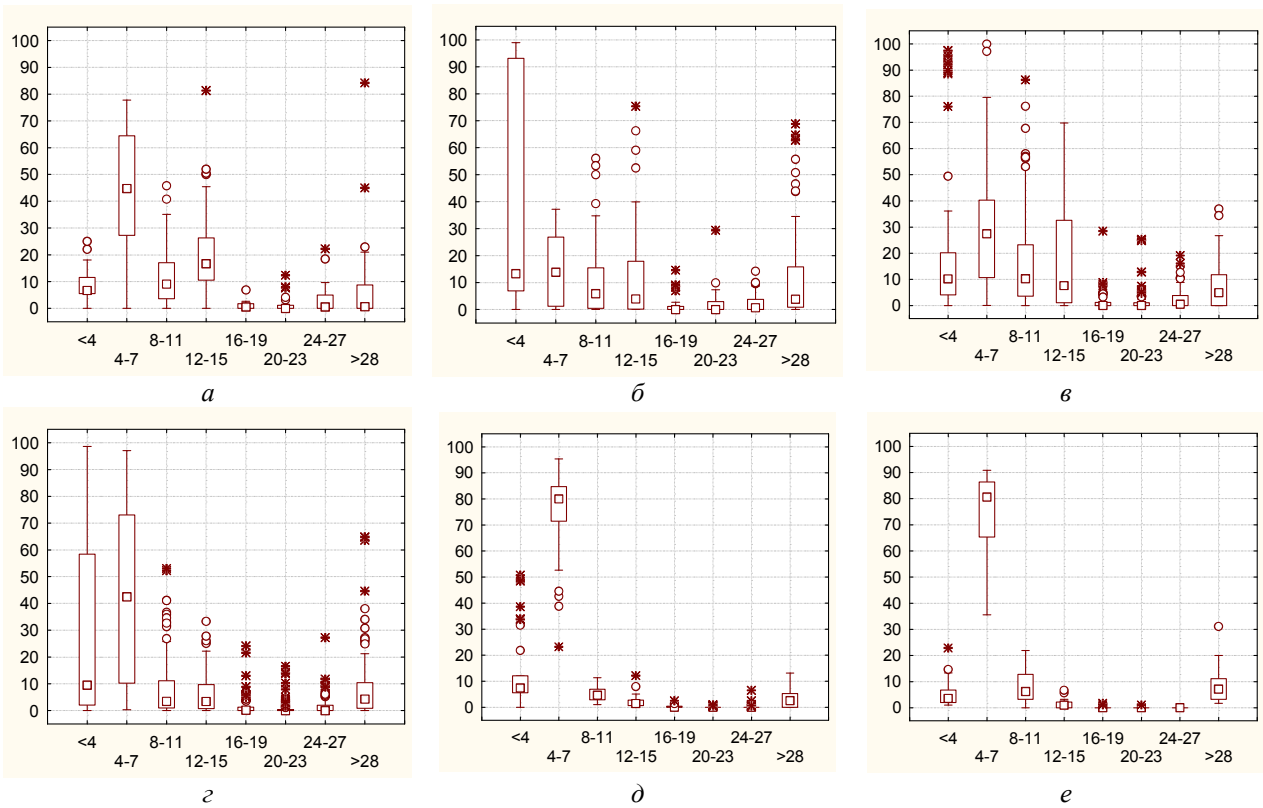


Рис. 13. Розмірна структура підстилкової мезофауни широколистяних лісів степової зони залежно від трофності едафотону: *a* – трофотоп C, *б* – Dc, *в* – Dac, *г* – Dn, *д* – De, *е* – трофотоп E; по осі абсцис – довжина тіла особин (мм), по осі ординат – частка особин даної розмірної групи в угрупованні (%)

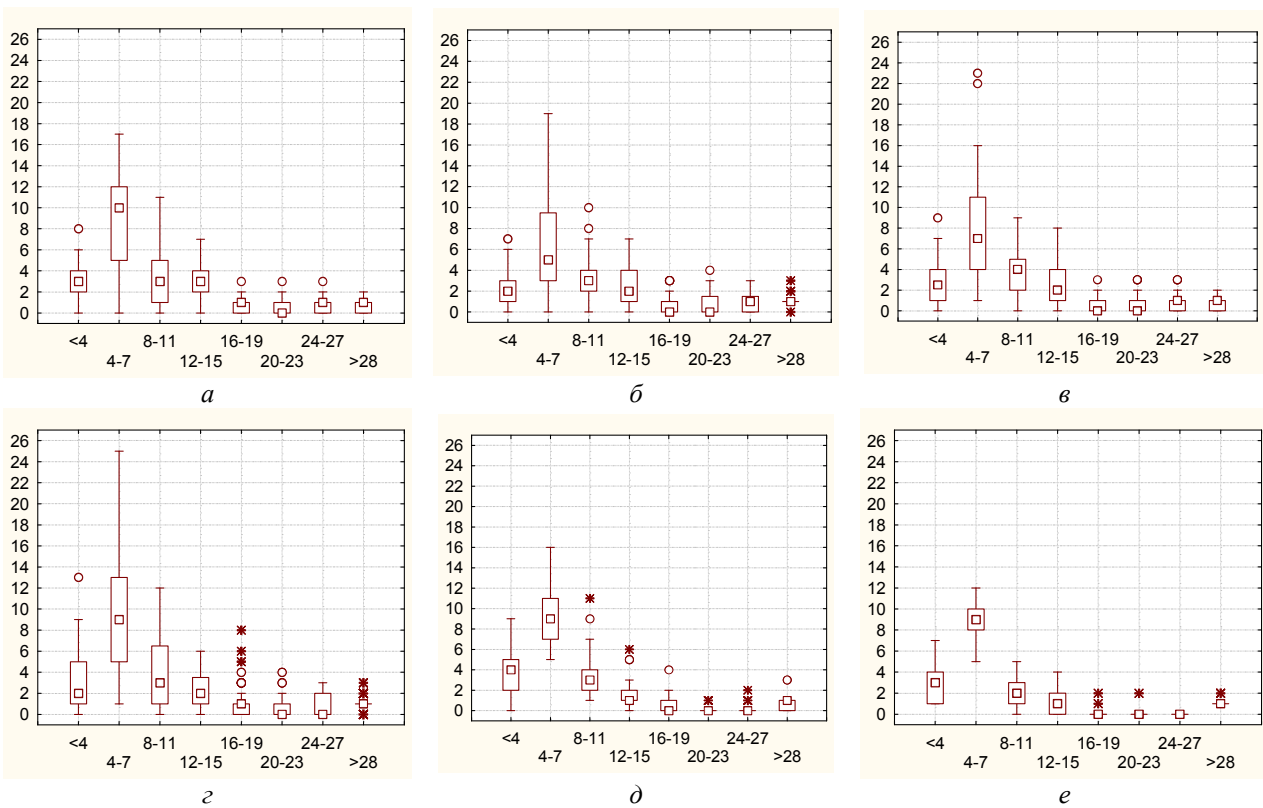


Рис. 14. Розмірна структура підстилкової мезофауни широколистяних лісів степової зони залежно від трофності едафотону: *a* – трофотоп C, *б* – Dc, *в* – Dac, *г* – Dn, *д* – De, *е* – трофотоп E; по осі абсцис – довжина тіла особин (мм), по осі ординат – кількість видів даної розмірної групи в угрупованні

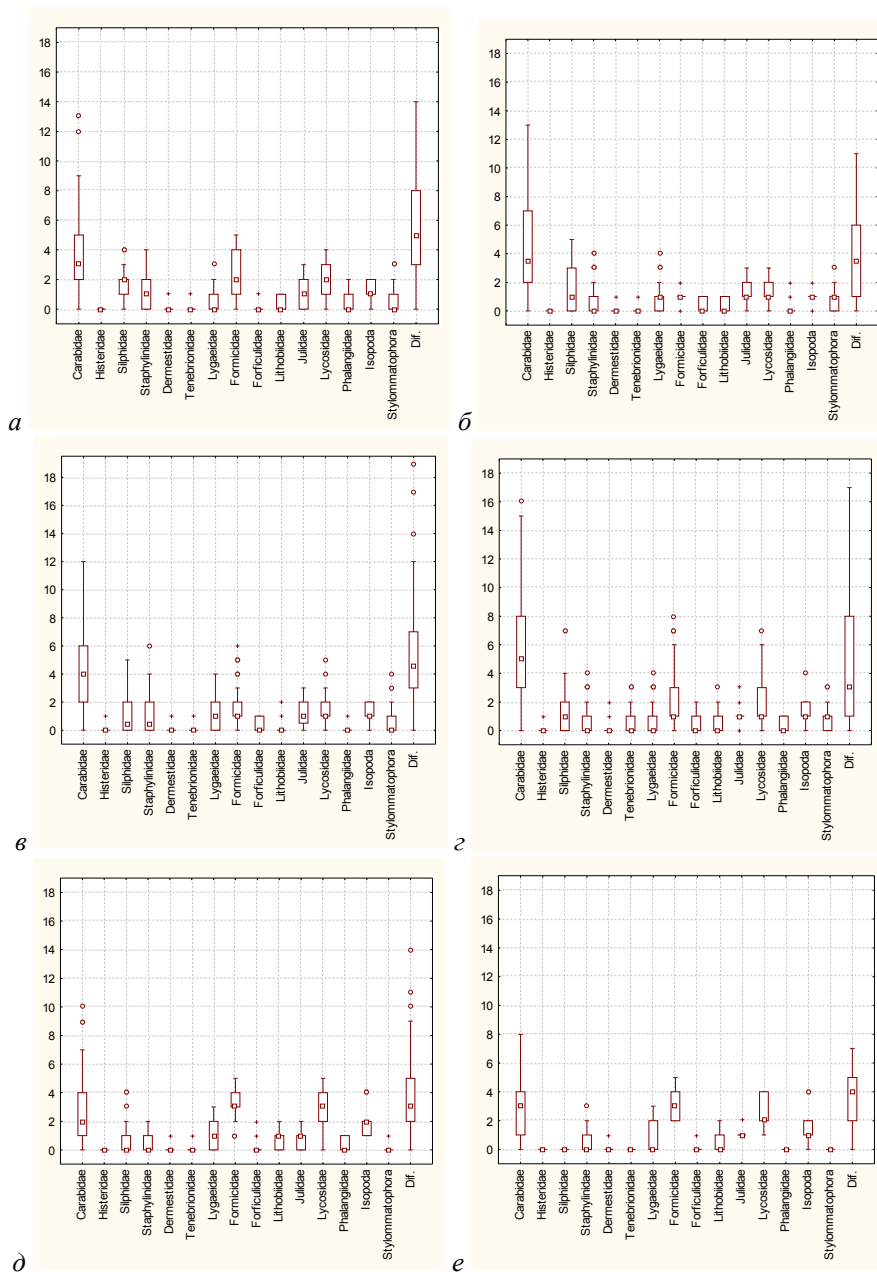


Рис. 15. Таксономічна структура підстилкової мезофауни широколистяних лісів степової зони залежно від трофності едафотопу: а – трофотоп С, б – Dc, в – Dac, г – Dn, д – De, е – трофотоп Е; по осі абсцис – домінантні таксономічні групи, по осі ординат – кількість видів даної групи в угрупованні; Dif. – види інших таксономічних груп

Відносна чисельність фітофагів у різних трофотопах залишається на постійному рівні. Частка сапрофагів мінімальна у трофотопах Dc і E, у трофотопах C, Dac, Dn та De вона зростає. Відсоток зоофагів у градієнті мінералізації ґрунтового розчину має тенденцію до зменшення, а поліфагів, навпаки, до збільшення. Кількість видів у складі жодної з чотирьох трофічних груп у градієнті трофності ґрунтового розчину достовірно не змінюється.

Частка рідкісних видів (менше 1,5% за чисельністю) мінімальна у широколистяних лісах трофотопів C та E. Максимальна кількість масових видів (понад 12,5%) також спостерігається у трофотопі C. Наближеною до оптимальної можна вважати розмірну структуру мезофауни трофотопів Dac та Dn.

Максимальний відсоток розмірної групи 4–7 мм зареєстрований у трофотопах De та E. У цих трофотопах спостерігається випадання частини розмірних груп

безхребетних зі складу підстилкової мезофауни. Додатковий пік для розмірної групи 12–15 мм та низька чисельність видів довжиною тіла понад 20 мм характерні для трофотопу C.

Максимальна кількість видів Carabidae виявлена у трофотопі Dn. Кількість видів Formicidae зростає у трофотопах De та E. Чисельність Formicidae максимальна у лісових екосистемах трофотопів De та E. Частка Isopoda максимальна для лісових екосистем трофотопу De.

Отримані результати свідчать, що у градієнті трофності та зволоження ґрунту за більшістю проаналізованих характеристик підстилкова мезофауна залишається стабільною системою. У складі мезофауни відбувається закономірна ротація видів, при цьому трофічна, розмірна, таксономічна структури та структура домінування у більшості випадків залишаються відносно стабільними.

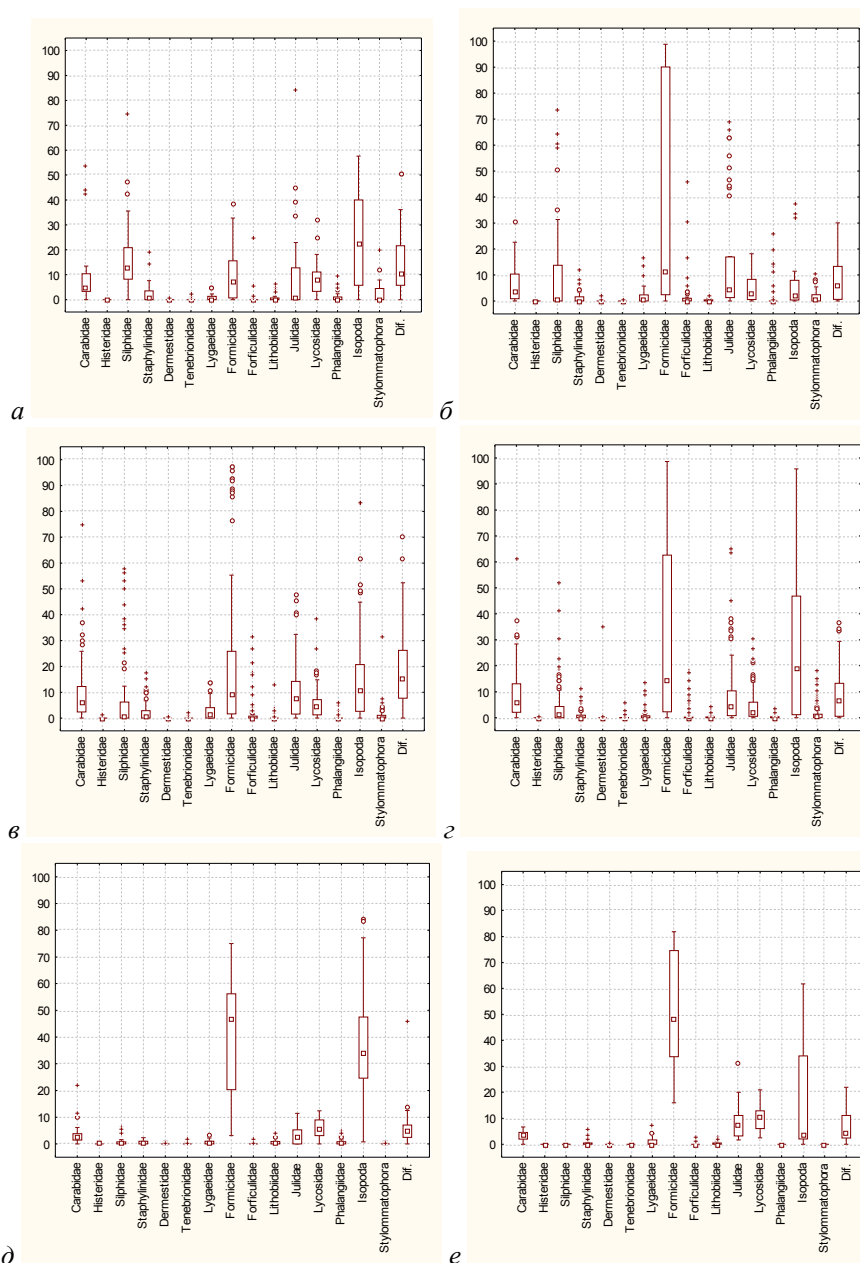


Рис. 16. Таксономічна структура підстилкової мезофауни широколистяних лісів степової зони залежно від трофності ґлефотону: а – трофотоп С, б – Dc, в – Dac, г – Dn, д – De, е – трофотоп Е; по осі абсцис – домінантні таксономічні групи, по осі ординат – частка даної групи в угрупованні за чисельністю (%); Dif. – інші види

Бібліографічні посилання

- Bachinsky, I.Y., 1962. *Klimat Ukraïny* [The climate of Ukraine]. NAS of USSR, Kyiv (in Ukrainian).
- Batič, F., Kalan, P., Kraigher, H., Šircelj, H., Simončič, P., Vidregar-Gorjup, N., Turk, B., 1999. Bioindication of different stresses in forest decline studies in Slovenia. *Water Air Soil Poll.* 116(1-2), 377–382.
- Belgard, A.L., 1971. *Stepnoje lesovedenje* [Steppe Forestry]. Lesnaja Promyshlennost', Moscow (in Russian).
- Berg, B., Davey, M., De Marco, A., Emmett, B., Faituri, M., Hobbie, S., Johansson, M.-B., Liu, C., McClaugherty, C., Norell, L., Rutigliano, F., Vesterdal, L., Virzo De Santo, A., 2010. Factors influencing limit values for pine needle litter decomposition: A synthesis for boreal and temperate pine forest systems. *Biogeochemistry* 100(1), 57–73.
- Bjorkman, C., 1997. A dome-shaped relationship between host plant allelochemical concentration and insect size. *Biochem. Syst. Ecol.* 25(6), 521–526.
- Bobyliov, Y.P., Brygadyrenko, V.V., Bulakhov, V.L., Gaichenko, V.A., Gasso, V.Y., Didukh, Y.P., Ivashov, A.V., Kucheriavyi, V.P., Maliovanyi, M.S., Mytsyk, L.P., Pakhomov, O.Y., Tsaryk, I.V., Shabanov, D.A., 2014. *Ekologija* [Ecology]. Folio, Kharkiv (in Ukrainian).
- Brockerhoff, E.G., Jactel, H., Parrotta, J.A., Quine, C.P., Sayer, J., 2008. Plantation forests and biodiversity: Oxymoron or opportunity? *Biodivers. Conserv.* 17, 925–951.
- Brygadyrenko, V.V., 2002. Ispol'zovanie komponentnogo analiza v izuchenii soobshhestv gigrofil'nyh vidov zhuzhelic (Coleoptera: Carabidae) [A study of specific composition in hydrophilic communities of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) using component analysis methods]. *The Kharkov Entomological Society Gazette* 10, 124–129 (in Russian).
- Brygadyrenko, V.V., 2003. Ispol'zovanie topologicheskikh spektrov v zoologicheskoy diagnostike pochv na primere seme-

- jstva zhuzhelic (Coleoptera, Carabidae) [Using topological spectrums in zoological diagnostics of soils with the family Carabidae (Coleoptera) as an example]. *Ecology and Nomenclology* 13(1), 119–130 (in Russian).
- Brygadyrenko, V.V., 2004. Vozdejstvie uslovij srede na sostav zhivotnogo naselenija podstilki i fitocenoza lesnyh ekosistem stepnoj zony Ukrainy [The influence of environmental conditions on the litter animals and phytocoenosis in the forest ecosystems of the Steppe zone of Ukraine]. *Forestry and Agroforestry* 106, 77–83 (in Ukrainian).
- Brygadyrenko, V.V., 2005. Ekologicheskie aspekty vzaimodejstvija murav'ev (Hymenoptera, Formicidae) s podstilochnymi bespozvonochnymi v uslovijah stepnyh lesov [Environmental aspects of the interaction of ants (Hymenoptera, Formicidae) with litter invertebrates in steppe forest]. *Question of Steppe Forestry and Forest Land Reclamation* 9, 181–192 (in Russian).
- Brygadyrenko, V.V., 2006. Vozmozhnosti ispol'zovaniya napochvennyh bespozvonochnyh dlya indikacii gradacii uvlazhneniya edafotopa v lesnyh ekosistemah [The possibility to use soil invertebrates to indicate soil moisture gradations in the forest ecosystems]. *Visn. Dnipropetr. Univ. Ser. Biol. Ekol.* 14(1), 21–26 (in Russian).
- Brygadyrenko, V.V., 2014. Influence of soil moisture on litter invertebrate community structure of pine forests of the steppe zone of Ukraine. *Folia Oecol.* 41(1), 8–16.
- Brygadyrenko, V.V., 2015. Community structure of litter invertebrates of forest belt ecosystems in the Ukrainian steppe zone. *Int. J. Environ. Res.* 9(2), in press.
- Brygadyrenko, V.V., Faly, L.I., Jakimets, K.G., 2012. Riznomanittja ugrupovan' gerpetobiju balky Tunel'na m. Dnipropetrovsk [Diversity of litter invertebrates communities from the Tunnel'na Gully in Dnipropetrovsk city]. *Visn. Dnipropetr. Univ. Ser. Biol. Ekol.* 20(1), 3–12 (in Ukrainian).
- Brygadyrenko, V.V., Fedorchenko, D.O., 2007. Riznomanittja ugrupovan' pidstylkovykh bezchrebetnyh lisovyh ekosistem Nacional'nogo zapovidnyka «Hortycja» (Zaporiz'ka oblast') [The diversity of litter invertebrate complexes in forest ecosystems in National Reserve “Chortitca” (Zaporozh'je Region)]. *Sci. Bull. Uzhgorod Univ. (Ser. Biol.)* 21, 152–157 (in Ukrainian).
- Brygadyrenko, V.V., Komarov, O.S., 2008. Trofichna struktura pidstylkovoji mezofauny: Rozpodil biomasy za trofichnymi rivniamy [Trophic structure of litter mesofauna: Biomass differentiation between trophic levels]. *Visn. Dnipropetr. Univ. Ser. Biol. Ekol.* 16(2), 12–23 (in Ukrainian).
- Brygadyrenko, V.V., Solovjov, S.V., 2007. Vplyv pervynnogo g'runtoutvorenja u zaplavnyh lisah Dniprovs'ko-Oril'skogo pryrodnogo zapovidnyka na strukturu gerpetobiju [Effect of initial soil in floodplain forests of the Dnieper-Oril'ske Nature Reserve on the litter invertebrates communities structure]. *Pynannia Bioidycacii ta Ecologii* 12(1), 34–45 (in Ukrainian).
- Bulakhov, V.L., Gubkin, A.A., Ponomarenko, O.L., Pakhomov, O.Y., 2008. Biologichne riznomanittja Ukrainy. Dnipropetrovska oblast'. Ptahy: Negorobcepodibni (Aves: Non-Passeriformes) [Biological diversity of Ukraine. Dnipropetrovsk region. Aves: Non-Passeriformes]. Dnipropetrovsk Univ. Press, Dnipropetrovsk (in Ukrainian).
- Bulakhov, V.L., Pakhomov, O.Y., 2010. Funkcional'na zoologija [Functional zoology]. Dnipropetrovsk Univ. Press, Dnipropetrovsk (in Ukrainian).
- Butterfield, J., Malvido, J.B., 1992. Effect of mixed-species tree planting on the distribution of soil invertebrates. In: Cannell, M.G.R., Malcolm, D.C., Robertson, P.A. (Eds.) *The Ecology of mixed-species stands of trees*, Spec. Publ. № 11. British Ecological Society, Blackwell, Oxford, 255–265.
- Cameron, K.H., Leather, S.R., 2012. How good are carabid beetles (Coleoptera, Carabidae) as indicators of invertebrate abundance and order richness? *Biodivers. Conserv.* 21, 763–779.
- Didham, R.K., 1997. An overview of invertebrate responses to forest fragmentation. In: Watt, A.D., Stork, N.E., Hunter, M.D. (Eds.), *Forests and Insects*. Chapman & Hall, London, 303–320.
- Faly, L.I., Brygadyrenko, V.V., 2014. Patterns in the horizontal structure of litter invertebrate communities in windbreak plantations in the steppe zone of the Ukraine. *J. Plant Prot. Res.* 54(4), 414–420.
- Fedorchenko, D.O., Brygadyrenko, V.V., 2008. Osoblyvosti formuvannia bagatovydovykh ugrupovan' pidstylkovykh bezchrebetnyh tvaryn ostrova Khortitsa (Zaporiz'ka oblast') [Peculiarities of litter invertebrates' multispecies complexes formation on the Khortitsa island (Zaporizhzhya province)]. *Visn. Dnipropetr. Univ. Ser. Biol. Ekol.* 16(2), 178–185 (in Ukrainian).
- Gerisch, M., Schanowski, A., Figura, W., Gerken, B., Dziock, F., Henle, K., 2006. Carabid beetles (Coleoptera, Carabidae) as indicators of hydrological site conditions in floodplain grasslands. *Int. Rev. Hydrobiol.* 91, 326–340.
- Gryuntal, S.Y., 2009. Soil mesofauna of taiga burozems. *Euras. Soil Sci.* 42(11), 1282–1290.
- Gryuntal, S.Y., 2010. The mesofauna in different types of soils under southern taiga spruce forests (Tver oblast). *Euras. Soil Sci.* 43(11), 1271–1280.
- Hanski, I., 1999. Habitat connectivity, habitat continuity, and metapopulations in dynamic landscapes. *Oikos* 87, 209–219.
- Jabin, M., Mohr, D., Kappes, H., Topp, W., 2004. Influence of deadwood on density of soil macro-arthropods in a managed oak-beech forest. *Forest Ecol. Manag.* 194(1–3), 61–69.
- Moroz, K.O., Brygadyrenko, V.V., Pakhomov, A.Y., 2011. Formirovanije fauny napochvennykh bespozvonochnykh peschanoj terrasy r. Orel' v uslovijakh pirogennoj sukcesii [Litter invertebrates fauna formation of the sandy terrace of Orel' river in condition of post-fire succession]. *Proc. of the Azerbaijan Soc. of Zool.* 3, 423–435 (in Russian).
- Müller, S., Overbeck, G., Pfadenhauer, J., Pillar, V., 2007. Plant functional types of woody species related to fire disturbance in forest–grassland ecotones. *Vegetatio* 189(1), 1–14.
- Oxbrough, A., French, V., Irwin, S., Kelly, T.C., Smiddy, P., O'Halloran, J., 2012. Can mixed species stands enhance arthropod diversity in plantation forests? *Forest Ecol. Manag.* 270, 11–18.
- Oxbrough, A., Gittings, T., O'Halloran, J., Giller, P.S., Smith, G.F., 2005. Structural indicators of spider communities across the forest plantation cycle. *Forest Ecol. Manag.* 212, 171–183.
- Pakhomov, O.Y., Brygadyrenko, V.V., 2005. Koncepcija systemy zahodiv z ohorony navkolyshn'ogo pryrodnogo sere-dovyshha Dnipropetrovskoi' oblasti na 2005–2015 roky [Concept of system for actions on environment protection in Dnipropetrovsk region for 2005–2015]. *Visn. Dnipropetr. Univ. Ser. Biol. Ekol.* 13(1), 213–225.
- Pearce, J.L., Venier, L.A., 2006. The use of beetles (Coleoptera: Carabidae) and spiders (Araneae) as bioindicators of sustainable forest management: A review. *Ecol. Indic.* 6, 780–793.
- Pielou, E.C., 1977. *Mathematical Ecology*. John Wiley & Sons, New York.
- Polchaninova, N.Y., Prokopenko, E.V., 2013. Catalogue of the spiders (Arachnida, Aranei) of Left-Bank Ukraine. *Arthropoda Sel. Suppl. No. 2*. KMK Scientific Press, Moscow.
- Rainio, J., Niemela, J., 2003. Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. *Biodivers. Conserv.* 12, 487–506.
- Reynolds, B.C., Crossley Jr., D.A., Hunter, M.D., 2003. Response of soil invertebrates to forest canopy inputs along a productivity gradient. *Pedobiologia* 47, 127–139.

- Rybalov, L.B., Kamaev, I.O., 2011. Diversity of soil mesofauna in northern taiga biogeocenoses of the Kamennaya River basin (Karelia). *Biol. Bull.* 38(4), 338–347.
- Shannon, C.E., Weaver, W., 1949. *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana.
- Slipinski, P., Zmihorski, M., Czechowski, W., 2012. Species diversity and nestedness of ant assemblages in an urban environment. *Eur. J. Entomol.* 109(2), 197–206.
- Sobek, S., Steffan-Dewenter, I., Scherber, C., Tschardtke, T., 2009. Spatiotemporal changes of beetle communities across a tree diversity gradient. *Divers. Distrib.* 15, 660–670.
- Spitzer, L., Konvicka, M., Benes, J., Tropek, R., Tuf, I.H., Tufova, J., 2008. Does closure of traditionally managed open woodlands threaten epigeic invertebrates? Effects of coppicing and high deer densities. *Biol. Conserv.* 141(3), 827–837.
- Stamps, W., Linit, M., 1997. Plant diversity and arthropod communities: Implications for temperate agroforestry. *Agroforest. Syst.* 39(1), 73–89.
- Striganova, B.R., Poryadina, N.M., 2005. Zhivotnoe naselenie pochv boreal'nykh lesov Zapadno-Sibirskoi ravniny [Animal population of boreal forest soils of the West Siberian Plain]. KMK, Moscow (in Russian).
- Talbot, T.R., Cobb, N.S., Whitham, T.G., 2008. Arthropod community diversity and trophic structure: A comparison between extremes of plant stress. *Ecol. Entomol.* 33(1), 1–11.
- Weber, M.G., Flannigan, M.D., 1997. Canadian boreal forest ecosystem structure and function in a changing climate: Impact on fire regimes. *Env. Rev.* 5(3), 145–166.
- Wolf, J.M., Gibbs, J.P., 2004. Silphids in urban forests: Diversity and function. *Urban Ecosyst.* 7(4), 371–384.

Надійшла до редколегії 24.02.2015