

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ОЛЕСЯ ГОНЧАРА**

Шульман Марія Володимирівна

УДК 574.4:57.085.4](292.486:477.63)

**ЗООГЕННИЙ ОПАД ЯК ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ ЕЛЕМЕНТ
БІОГЕОЦЕНОЗІВ СТЕПОВОГО ПРИДНІПРОВ'Я**

03.00.16 – екологія

**Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата біологічних наук**

Дніпро – 2018

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі зоології та екології Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара Міністерства освіти і науки України, м. Дніпро.

Науковий керівник: доктор біологічних наук, професор
Пахомов Олександр Євгенійович,
Дніпровський національний університет
імені Олеся Гончара, кафедра зоології
та екології, професор, завідувач

Офіційні опоненти: доктор біологічних наук, професор
Харченко Людмила Павлівна,
Харківський національний педагогічний університет
імені Г. С. Сковороди, кафедра зоології, завідувач

доктор біологічних наук, професор
Домніч Валерій Іванович,
Запорізький національний університет, кафедра біології
лісу, мисливствознавства та іхтіології, завідувач

Захист відбудеться «27» червня 2018 року о 13 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.051.04 для захисту дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук у Дніпровському національному університеті імені Олеся Гончара за адресою: 49010, м. Дніпро, пр. Гагаріна, 72, корпус 17, біолого-екологічний факультет, ауд. 711.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара Міністерства освіти і науки України за адресою: 49010, м. Дніпро, вул. Казакова, 8.

Автореферат розісланий «25» травня 2018 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
кандидат біологічних наук, доцент

_____ А. О. Дубина

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Відмирання чи загибель тварин постійно відбувається у природі, їх трупи стають ресурсом для мікроорганізмів, безхребетних-некрофагів чи хребетних-сміттярів, тварин-санітарів. У наземних екосистемах серед усього комплексу деструкторів некроорганіки основну частину тканин утилізують комахи, а саме двокрилі та твердокрилі. Завдяки злагодженій діяльності некробіонтів та некрофагів відбувається прискорення розкладання трупів тварин. Представники некроентомофауни також беруть участь у процесі мінералізації через розкладання складних гнильних речовин до найпростіших компонентів, роблять їх доступними для інших організмів (Payne, 1965; Early & Goff, 1986; Dillon, 1997, Лябзіна, 2003 та ін.).

Дослідження функціональної ролі зоогенного опаду (трупів тварин) і безхребетних некрокомплексу в Україні майже не проводилися. Вивчення окремих груп комах-некробіонтів, здебільшого жуків-некробіонтів, висвітлені у працях О. В. Пархоменко (2001, 2004, 2005, 2008). Щодо некробіонтних двокрилих, дослідження активно проводилися стосовно окремих груп, наприклад, родини Sarcophagidae, зокрема, їх фенологічних особливостей (Вервес, 1986, 1989, 2006, 2010, 2014 та ін.). Набагато ширше розглядається ця тематика за кордоном. Є праці, присвячені експериментальному вивченню двокрилих-некробіонтів, синантропної фауни (Nuorteva, 1963, 1966, 1967; Hanski & Kuusela, 1980, Hanski & Prinkkila, 1995) та біології окремих видів некрофільних комах (Виноградова, 1984, Nuorteva, 1970; Otronen, 1988 й ін.). Проводилися вивчення комплексу некробіонтів у наземних й водних екосистемах на півночі європейської частини Росії (Лябзіна, 2003, 2011, 2013, 2016). Є сучасні дослідження щодо жуків-некробіонтів Приморського краю (Сигида, Пушкин, 2008; Пушкин 2002, 2004, 2010, 2014, 2015). Є дані стосовно ентомофауни трупів тварин, відомості, які більше стосуються окремих груп комах і призначаються для практичного застосування в галузі судової медицини в Ленінградській області (Марченко, 1987, 1990, 1992) та Карелії (Приходько та ін., 2016). Багато публікацій присвячено криміналістичній ентомології у судовій медицині в закордонних країнах (Catts & Haskell, 1990; Goff, 2000; Greenberg & Kunich, 2002; Eberhardt & Elliot, 2008; Midgley et al., 2010, Bygarski & Leblanc, 2013, Szpila et al., 2015, та ін.).

Таким чином, вивчення функціональної ролі зоогенного опаду та некрофільної фауни, всіх її компонентів, ролі окремих видів і груп у комплексі, біологічних особливостей, участі їх у процесі розкладання трупів у природі та в умовах підвищеного антропогенного тиску постає важливим завданням екології.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалася згідно з тематикою зооекологічних досліджень кафедри зоології та екології ДНУ та НДІ біології ДНУ за держбюджетними темами «Функціональна роль тварин в утворенні механізмів гомеостазу в екосистемах

промислових регіонів» (№ 0103U000555) (2003–2005 рр.), «Зооценоз як компонент екосистемних процесів саморегуляції в умовах трансформації довкілля» (№ 0106U000818) (2006–2008 рр.), «Середовищетвірна роль тварин у природних і трансформованих екосистемах в умовах напруженого техногенного тиску на довкілля» (№ 0112U000190) (2012–2014 рр.), «Зоогенні механізми екосистемних сервісів та розробка екологічних принципів їх збереження і відновлення» (№ 0115U002382) (2015–2017 рр.), «Концепція управління трансформаціями сучасного біорізноманіття тварин степової зони України в умовах змін клімату» (0118U003305) (2018–2020 рр.).

Мета та завдання досліджень. Мета роботи полягає у визначенні функціональної ролі зоогенного опаду (трупів тварин) у біогеоценозах степового Придніпров'я, встановленні закономірності динаміки складу і структури ентомоценозу в лісових екосистемах степового Придніпров'я та оціненні його участі в розкладанні відмерлої органіки в різних типах біогеоценозів.

Для досягнення мети поставлено такі завдання:

1. Оцінити екологічне значення типів біогеоценозів степового Придніпров'я у формуванні ентомоценозу.
2. Установити сукцесійні зміни у процесі деструкції зоогенного опаду і оцінити трофічну спеціалізацію основних груп комах ценозу.
3. Визначити закономірності у процесах розкладання та утилізації різних трупів тварин.
4. Виявити зміни, що відбуваються в ентомоценозі в агроценозах.
5. З'ясувати характер впливу зоогенного опаду на властивості ґрунту.
6. Визначити еколого-морфологічні особливості ценозів двокрилих (на прикладі *Calliphora vicina* R.-D.).
7. Установити екологічні аспекти онтогенезу ценозів двокрилих (на прикладі *Lucilia caesar* (L.)).
8. Оцінити токсикологічні ефекти важких металів на розвиток ценозів двокрилих (на прикладі *Calliphora vicina* R.-D.).

Об'єкт дослідження – угруповання ценозів комах та зоогенний опад як функціональний елемент біогеоценозів степового Придніпров'я.

Предмет дослідження – процеси розкладання та утилізації ценозів органіки різних видів тварин за участю ценозу та біотопічний розподіл домінуючих комах ценозу.

Методи досліджень – для опису фізико-географічної характеристики ділянок проводили геоботанічні та комплексні екологічні дослідження, для проведення польових досліджень застосовували методи загальноприйнятих ґрунтово-зоологічних досліджень, у модельних дослідженнях об'єктів ценозофауни – лабораторне утримання та культивування комах, морфометричний метод, методи статистичного аналізу отриманих даних.

Наукова новизна одержаних результатів

Уперше:

- для степового Придніпров'я встановлено закономірності процесів розкладу та утилізації зоогенного опаду (трупів тварин);
- оцінено вплив деструктивних процесів некроорганіки на властивості ґрунту (*pH*, *НРК*) у лісових біогеоценозах степового Придніпров'я;
- визначено склад домінантів некрофільного комплексу в різних типах біогеоценозів степового Придніпров'я на трупах птахів і мікромамалій;
- на території степового Придніпров'я зареєстровані такі види некрофільних двокрилих із родини *Sarcophagidae*: *Sarcophaga variegata* (Scopoli, 1763), *Liosarcophaga portchinskyi* (R., 1937), *Liosarcophaga similis* (Meade, 1876), *Robineauella caerulea* (Ztt., 1838);
- визначено стадії суцесійних змін у процесі розкладання та утилізації трупів хребетних тварин;
- оцінено роль різних груп комах некрофільного комплексу в процесі гетеротрофної суцесії;
- встановлено преференції некрофільних комах відносно трупів тварин, що належать до різних класів;
- виявлено зміни у складі ентомоного комплексу в умовах підвищеного антропогенного пресу;
- визначено морфоекологічні та фізіологічні особливості онтогенезу деяких некробіонтних двокрилих (*Calliphora vicina*, *Lucilia caesar*);
- встановлено рівні резистентності *C. vicina* до важких металів (*Cd*, *Pb*).

Набули подальшого розвитку:

- принципи та методи функціональної зоології професора В. Л. Булахова.

Практичне значення отриманих результатів. Результати досліджень можуть бути використані для складання кадастру тваринного світу, організації екологічного моніторингу, здійсненні програм зі збереження біорізноманіття лісових екосистем степової зони України. Отримані дані дозволяють оцінити санітарну роль комах некрофільного комплексу у природі та зміну її в умовах антропогенного навантаження.

Матеріали дисертаційної роботи використовуються в навчальному процесі Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара (у процесі викладання дисциплін «Зоологія», «Ентомологія», «Паразитологія», «Популяційна екологія», «Моніторинг довкілля», «Екотоксикологія»), під час проведення навчальної та виробничої практик студентів, виконання курсових та дипломних робіт.

Особистий внесок здобувача. Польові матеріали, результати лабораторних досліджень, їх обґрунтування та висновки отримані особисто автором під час роботи протягом 2005–2015 років у складі Комплексної експедиції ДНУ імені Олеся Гончара. Для написання наукових праць, виконаних у співавторстві, автор брав участь у збиранні та визначенні польового матеріалу, проведенні лабораторних досліджень, опрацюванні

отриманих результатів, підготовці публікацій до друку. Особистий внесок у написання кожної наукової праці зазначено у «Списку основних наукових праць за темою дисертації».

Апробація результатів дисертації. Матеріали дисертації пройшли апробацію на 14 міжнародних наукових конференціях, а саме: III Міжнародній науковій конференції «Біорізноманіття та роль зооценозу в природних і антропогенних екосистемах» (Дніпропетровськ, ДНУ, 2005), VIII Міжнародній науково-практичній конференції «Наука і освіта '2005» (Дніпропетровськ, 2005), Міжвузівській студентській науково-практичній конференції «Молодь України в контексті міжкультурної комунікації» (Дніпропетровськ, 2005), V Міжнародній науковій конференції «Проблеми екології та екологічної освіти» (Кривий Ріг, 2006) та VII Міжнародній науково-практичній конференції (Кривий Ріг, 2008), IV Міжнародній науковій конференції «Біорізноманіття та роль зооценозу в природних і антропогенних екосистемах» (Дніпропетровськ, ДНУ, 2007), Міжнародній науково-практичній конференції «Еколого-економічні проблеми України, Азово-Чорноморського басейну: економіка, екологія, освіта» (Бердянськ, 2007), IV Міжнародній науковій конференції студентів та аспірантів «Молодь та поступ біології» (Львів, 2008), I Міжнародній науковій конференції «Фундаментальні та прикладні дослідження в біології» (Донецьк, 2009), II Всеросійській конференції «Биогеография почв» (Москва, 2009), Всеросійській науково-практичній конференції «Экология, эволюция и систематика животных» (Рязань, 2009), Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальные вопросы образования и науки» (Тамбов, 2014), I Всеукраїнській конференції з міжнародною участю «Біологія та екологія ґрунтів» (Львів, 2015), IV Міжнародній науковій конференції студентів, аспірантів і молодих учених «Фундаментальні та прикладні дослідження в біології та екології» (Вінниця, 2016).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 29 наукових праць, з яких: одна монографія, дві статті у журналах, що належать до наукометричної бази даних «Scopus», сім статей у фахових виданнях України.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, шести розділів з окремим переліком посилань після кожного розділу, висновків. Загальний список використаної літератури складає 285 джерел, з яких 112 іноземними мовами. Повний обсяг дисертації складає 210 сторінок, із них основного тексту – 153 сторінки. Робота містить 8 таблиць, 45 рисунків та додатки.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

СТАН ВИВЧЕНОСТІ ЗООГЕННОГО ОПАДУ ЯК ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ЕЛЕМЕНТА ЕКОСИСТЕМ ТА ЕКОЛОГО-ФАУНІСТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМАХ НЕКРОФІЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ. У розділі наведено загальну характеристику поняття зоогенного опаду (труп тварин, трофометаболіти) як функціонального елемента в біогеоценотичних процесах екосистем (Арнольди, 1963; Одум,

1986; Булахов, 1980, 1989; Булахов, Шульман, 2005; Пахомов, 1999; Пахомов, Булахов 2000 та ін). Розглянуто поняття ентомонекрокомплексу як основного компонента в процесах розкладання та утилізації зоогенного опаду (Озеров, 1989, 1990; Лябзина, 2003; Payne, 1965; Blackith & Blackith, 1990, Tantawi et al., 1996; Goff, 2000 та ін.). Надано загальну характеристику гниття як біологічного процесу, сукцесійних змін розкладання некроорганіки та чинників, що впливають на колонізацію трупа комахами (Лябзина, 2016; Марченко, 1992; Озеров, 1989; Nuorteva, 1963; Early & Goff 1986; Dillon, 1997 та ін.). Висвітлено результати наукових досліджень праць вітчизняних і зарубіжних авторів, присвячених вивченню еколого-фауністичних характеристик комах некрофільного комплексу: двокрилих (Артамонов, 1980, 2003, 2011; Вервес, 1989, 2010, 2014 тощо), твердокрилих (Пархоменко, 2001, 2004 та ін.; Пушкин, 2002, 2004, 2010, 2015 та ін.; Nuorteva, 1970; Otronen, 1988 та ін.). Наведено огляд прикладного використання представників ентомофауни трупа в галузі судової ентомології медичної експертизи (Марченко, 1987, 1992; Приходько та ін., 2016; Catts & Haskell, 1990; Greenberg & Kunich, 2002; Eberhardt & Elliot, 2008; Midgley et al., 2010, Bygarski & Leblanc, 2013, Szpila et al., 2015 та ін.).

У результаті аналітичного огляду показано, що зоогенний опад являє собою невід’ємний структурно-функціональний компонент біогеоценозів. Відомості про функціональну роль зоогенного опаду (трупів тварин) і безхребетних некрокомплексу в Україні, зокрема, у степовому Придніпров’ї, практично відсутні. Вивчення некрофільної фауни, всіх її компонентів, ролі окремих видів і груп у комплексі, біологічних особливостей, участі їх у процесі розкладання некроорганіки у природі та в умовах підвищеного антропогенного тиску становить важливі екологічні проблеми.

ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ. У розділі розглянуто характеристики екологічних умов степового Придніпров’я. Висвітлено фізико-географічні особливості району досліджень, геоморфологію та рельєф (Берг, 1952; Лавренко, 1940, 1954; Бельгард, 1971; Пасичный, 1988). Наведено опис кліматичних умов регіону та гідрологічного режиму (Бучинский, 1963; Чугай, 1971; Бельгард, 1971; Грицан, 1986, 1998; Пасичный, 1992 та ін.). Охарактеризовано особливості формування ґрунтів і ґрунтових вод (Зон, 1964; Стадниченко, 1955; Травлєєв, 1972, 2001; Белова, 1997; Белова, Травлєєв, 1999 та ін.), рослинного покриву (Растительность СССР, 1940; Бельгард, 1950; Мороз, 1972; Тарасов, 2005 та ін.) та тваринного населення (Акимов, 1960; Апостолов, 1976; Барсов, 1993; Бригадиренко, 1996; Губкин, 1972; Константинова, 1985; Булахов, 1996, 2006 та ін.). Також наведено детальну фізико-географічну характеристику пробних ділянок.

ОБ’ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Дослідження з визначення структури ентомонекрофільного комплексу різних трупів тварин із різних біогеоценозів степового Придніпров’я проводились на території Дніпропетровської області (Новомосковський район) у складі Комплексної

експедиції Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара з вивчення степових лісів, та на пробних ділянках антропогенно трансформованих територій у м. Дніпро (Придніпровський район, околиці заводу «Дніпрошина», біотопи біля Коксохімічного заводу, ж/м «Західний»).

Як об'єкти досліджень використовували трупи тварин (курчат, щурів), комах некрофільного комплексу. Облік ґрунтової та надґрунтової мезофауни здійснювали за допомогою пасток Барбера (Barber, 1931) різної модифікації з фіксатором (20 % розчин NaCl, 4 % розчин формаліну) або без фіксатора з приманкою (шматки м'яса або печінки). Застосовували також модифіковані пастки оригінальної конструкції (пластикові тази з $\varnothing = 55$ см) і метод ручного розбирання підстилки та ґрунту. Комах некрокомплексу збирали вручну, за допомогою пінцетів, екстаустерів і ентомологічних сачків оригінальної мініконструкції та методом ручного розбирання підстилки та ґрунту безпосередньо під трупами тварин. Ідентифікували безхребетних за визначниками (Штакельберг, 1956; Нарчук, 2003; Крыжановский, 1976; Жантєв, 1976; Арнольди, 1978; Купянская, 1990 та ін.). Визначення деяких некрофільних двокрилих проводили у лабораторії Київського інституту захисту рослин у процесі консультацій докт. біол. наук, проф. Ю. Г. Вєрвеса.

Дослідження впливу зоогенного опадy на хімічні властивості ґрунту (pH , NPK) проводили у біогеоценозі зі штучним дубовим насадженням (ПД № 224, с. Андріївка, Новомосковський район) з використанням спеціально розроблених автором захисних кліток із металевого оцинкованого дроту від хижаків. Як об'єкти дослідження брали трупи курчат і щурів. Проби ґрунту збирали у шестиразовій повторності після активних стадій розкладання трупів. Лабораторні дослідження проб ґрунту проводили на кафедрі ботаніки та ґрунтознавства у ДНУ імені Олеся Гончара. Для хімічного аналізу проб ґрунту застосовували методи колориметрії (визначення фосфору та азоту), полум'яної фотометрії (визначення калію) за І. М. Гринделем (1982). Показники pH визначали за допомогою pH -метра водної витяжки проб ґрунту (Пахомов, Дідур та ін., 2010).

Дослідження з пластичності морфометричних ознак некробіонтних мух *Calliphora vicina* R.-D. у постійних і мінливих температурних умовах культивування проводили у лабораторних умовах із застосуванням морфометричного методу (Шарова, 1981). Матеріал для дослідження – дві вибірки імаго мух *Calliphora vicina*. Перша вибірка – особини, відловлені у природних умовах (паркові екосистеми м. Дніпро), друга – виведені у лабораторних умовах ($N = 33$). Культивували личинок у термостаті до фази імаго за константної температури $+27$ °C. Як трофічний субстрат для комах використовували напіврозкладену свинячу печінку. Лінійні розміри імаго визначали за допомогою окуляр-мікрометра біоокуляра МБС-10. Використовували 15 промірів, які характеризують розміри та пропорції тіла комах. Екологічні аспекти онтогенезу та інтенсивності накопичення біомаси личинками некробіонтних мух *Lucilia caesar* (L.) (Diptera, Calliphoridae) вивчали в лабораторних умовах. Спостереження за розвитком та

накопиченням біомаси личинок проводили кожні два дні протягом 20 днів. Довжину тіла особин вимірювали звичайною лінійкою. Таким чином, щоразу зважували та вимірювали по 1000 особин протягом 20 днів. У модельному експерименті також досліджували вплив забруднювальних речовин техногенного походження, а саме іонів важких металів (*Cd* і *Pb*), на розвиток мух *Calliphora vicina* R.-D. Личинок *C. vicina* для розвитку (від II до стадії передпупи або IV стадії) поміщали в прозорі пластикові стаканчики (0,3 л), туди ж клали невелику кількість паклі для відтворення більш природного місця існування. Личинок II віку додавали по 10 екз. у кожен експериментальний стаканчик. Для кожної концентрації *Cd* і *Pb* (від 10^{-2} до 10^{-9} М) і контролю (без додавання солей металів у субстрат) повторність кожного досліду становила $n = 8$. Таким чином, проведено 72 досліди з використанням розчину $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ і 72 досліди з розчином $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, тобто всього 144 досліди з 1440 личинками *C. vicina*. На 20-й день експерименту провели відбір пупаріїв для дослідження вмісту в них води – по 10 екз. із кожної серії дослідів (60 пупаріїв із серії експериментів із *Cd* і 80 – із серії експериментів із *Pb*).

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЦЕСУ РОЗКЛАДАННЯ ТА УТИЛІЗАЦІЇ ТРУПІВ ТВАРИН У РІЗНИХ ЛІСОВИХ БІОГЕОЦЕНОЗАХ СТЕПОВОГО ПРИДНІПРОВ'Я. Розділ являє собою аналіз структури видового складу домінантних представників Diptera на трупах із різних за типом біогеоценозів, який показав, що Calliphoridae, Sepsidae, Muscidae присутні в усіх типах біогеоценозів. З родини Sarcophagidae представники виявляли деяку специфіку у біотопічному розподілі: *Sarcophaga carnaria* L., 1758 на трупах щурів переважає за чисельністю інших двокрилих майже вдвічі в біотопі степової цілини. *S. vareigata* (Scop., 1763) не виявлена на трупах курчат у біотопі липо-ясеневої діброви, однак на всіх трупах присутня у біотопі зі штучним дубовим насадженням. *Liosarcophaga portchinskyi* (R., 1937) та *L. similis* (Meade, 1876) виявлені лише у біотопі липо-ясеневої діброви. А *Robineauella caerulea* (Ztt., 1838) зафіксована тільки у біотопі зі штучним дубовим насадженням. *Fannia canicularis* (L., 1761), *Musca autumnalis* De G., 1776 та *Scatophaga stercoraria* (L., 1758) виявлені лише у біотопі степової цілини. Представники роду *Heleomyza* зафіксовані теж тільки у біотопі липо-ясеневої діброви. Кількісний преферендум на пробних ділянках зі штучним дубовим насадженням складали синантропні види *Lucilia sericata* Mg., 1826, *Musca domestica* L., 1758, *Muscina stabulans* Fall., 1817. В експериментах у липо-ясеневої діброві переважали Calliphoridae (рис. 1). Аналіз структури видового складу домінантних представників Coleoptera на трупах із різних за типом біогеоценозів виявив, що жуки-некробіонти колонізують як трупи щурів, так і трупи курчат. Кількість жуків-гробариків (*Nicrophorus*) на обох типах трупів була майже однаковою. Зазначимо, що серед жуків-некробіонтів лише на трупах птахів були відмічені *Nicrophorus germanicus* (L., 1758) (ліпо-ясенева діброва) і *N. humator* (Gled., 1767) (штучні дубові насадження). У різних біогеоценозах домінантні представники

некроентомофауни дещо різні. Особливо це помітно у складі жуків-некрофагів, зокрема, у родині Silphidae. Наприклад, у мезогігрофітних біотопах (липо-ясеневі діброві) на всіх типах трупів домінує мертвоїд червоногрудий *Oiceoptoma thoracicum* (L., 1758), субдомінантом виступає *Silpha carinata* Hbst., 1783 а у менш зволжених біотопах із насадженнями дуба звичайного на плакорі з підродини Silphinae домінантом виступає *Silpha obscura* L., 1758. З Nicrophorinae тут наявні *Nicrophorus humator* і *N. investigator* (Zett.). У заплавлених біотопах липо-ясеневі діброві з підродини Nicrophorinae був зафіксований *Nicrophorus germanicus* (L., 1758), де також зустрічаються: *N. vespilloides* (Hbst., 1784) та *N. vespillo* (L., 1758). Домінантну групу на всіх видах трупів формують також коротконадкрилі жуки – хижаки Staphylinidae: *Aleochara curtula* (Goeze, 1777), *Philonthus politus* (L., 1758), *Ph. succiola* Thom., 1880 та жуки-карапузики Histeridae: *Hister quadrimaculatus* L., 1758, *H. quadrinotatus* Scriba, 1790, *Margarinotus cadaverinus* (Hoffman, 1803). Слід зазначити активну участь мурах *Formica* (Formicidae) протягом всього процесу розкладання та утилізації трупів птахів і гризунів на експериментальних біотопах у липо-ясеневій діброві та на плакорі зі штучним дубовим насадженням. Представники роду *Lasius* (Formicidae), що присутні у біотопах степової цілини, збиралися на трупах у значно меншій кількості (у 1,5–2 рази) порівняно з мурахами роду *Formica* в інших експериментальних ділянках.

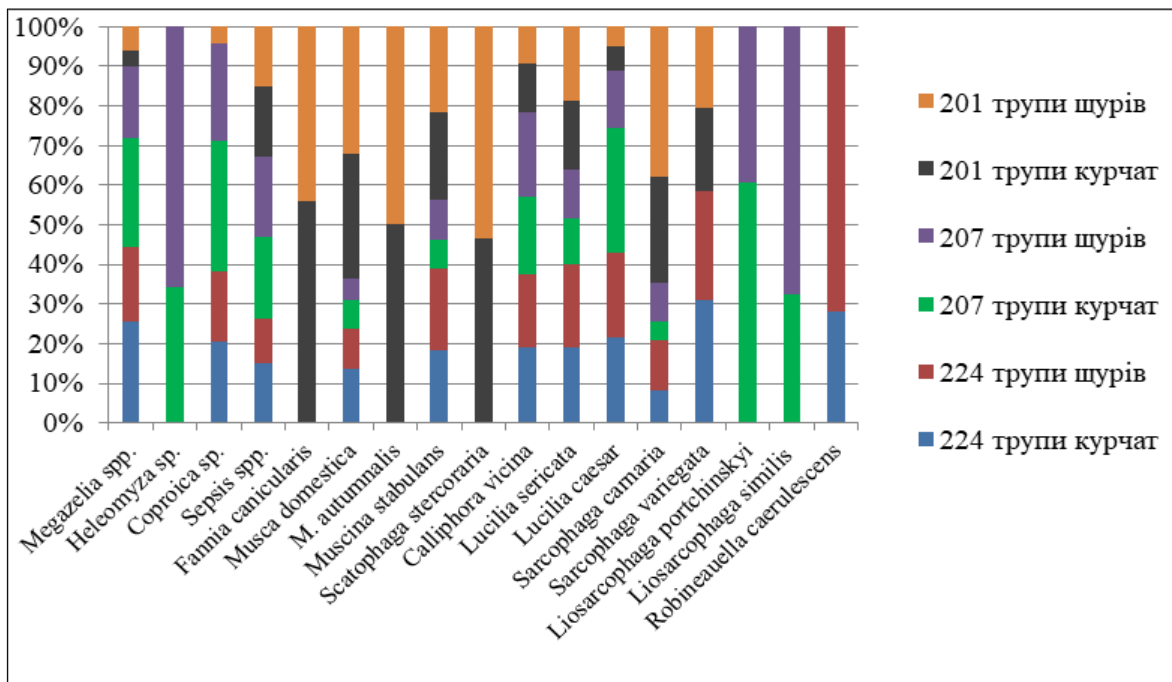


Рис. 1 . Структура угруповання Diptera некрокомплексів на трупах курчат і шурів із різних за типом біогеоценозів (п/д 224, 207, 201), %

Ми оцінили особливості впливу хімічної промисловості на герпетобій (таксономічна, трофічна, розмірна структура, індекси різноманіття підстилкової мезофауни) в околицях міста Дніпро. За результатами

досліджень виявлено, що підстилова фауна кожної ділянки характеризується домінуванням окремих систематичних груп, але Coleoptera (від 11,6 до 81,6 %) превалюють на трьох з обраних ділянок (ПД1, ПД2 і ПД3) (рис. 2). На четвертій ділянці із Coleoptera переважають представники Silphidae (*Phosphuga atrata* (L., 1758), *Thanatophilus rugosus* (L., 1758)) – 4,2 та 5,9 % відповідно. З комах ентомоценозу однозначний преферендум займають синантропні двокрили (46 %), причому на більш забруднених пробних ділянках (поблизу ОАО «Дніпрошина»). Слід зазначити, що 72,7 % видів на ділянці поблизу Дніпрошинного заводу складають зоофаги. В імпакті зонах спостерігається розмаїття рухомих форм хижаків (туруни, павуки, мурахи) (Емельянов, 1999), що корелює з нашими отриманими даними: *Staphylinus caesareus* Cederh., 1798 та *Pterostichus melanarius* (Ill., 1798) – масові види на ПД 2. Зазначимо, що *Staphylinus caesareus* – активний хижак личинок некробіонтних двокрилих – виступає характерним елементом в урбоєкосистемах. Низькі показники щодо складу колеоптерофауни некроценозу на цій ділянці, ймовірно, пов'язані з високим рівнем вмісту хімічних сполук у повітрі, що «дезорієнтує» дану групу комах.

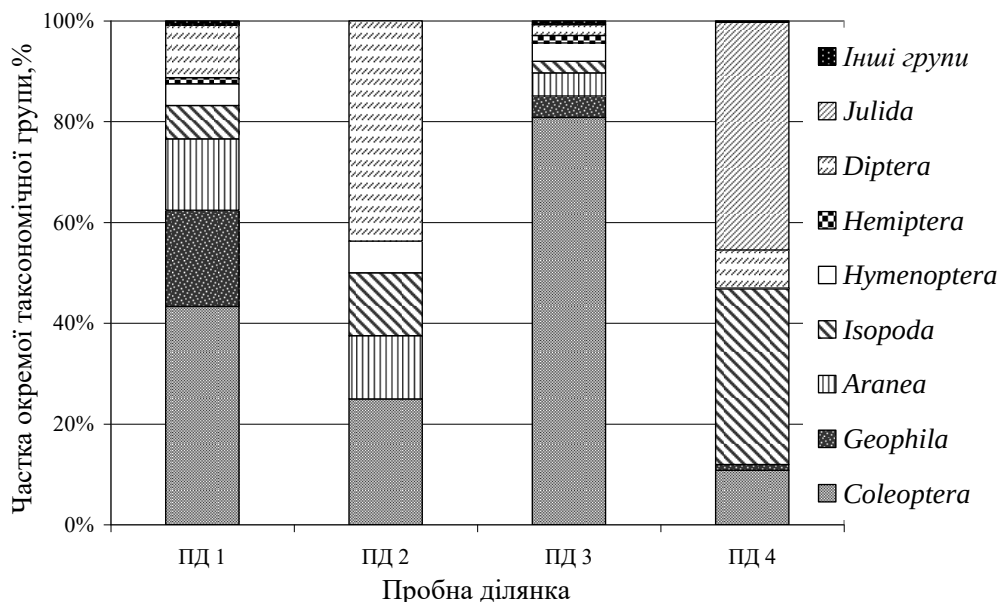


Рис. 2. Таксономічна структура герпетобіо:

ПД 1 – штучне насадження ясеня ланцетолистого з розхідником звичайним (CG_1) поблизу Коксохімічного заводу, ПД 2 – штучне насадження ясеня ланцетолистого (CG_1) на відстані 50 м від ОАО «Дніпрошина», ПД 3 – штучне дубове насадження (CG_1) в межах житлового масиву «Західний», ПД 4 – арена р. Дніпро (BC''_5) поблизу Придніпровської теплоенергетичної станції, в межах житлового масиву «Придніпровськ»

Максимум видового різноманіття спостерігається на ПД1 (101 вид), що, вірогідно, зумовлено зімкненістю деревного (60 %) і трав'яного (80 %) покриву та незначним рекреаційним навантаженням. Низьким видовим різноманіттям характеризується ПД поблизу Дніпрошинного заводу (9 видів). Це пов'язано із фрагментованою структурою підстилки в насадженні. Серед

сапрофагів переважають *Isopoda* та *Julidae*. Найменшу частку (1,1–12,3 %) становлять фітофаги. В міських екосистемах поширені політопні форми, серед яких домінують *Porcellio scaber* (Latr.), *Harpalus rufipes* (De G.). Слід зазначити, що тільки на ПД4 (околиці Придніпровської ТЕС) зареєстрована некробіотна муха *Cynomya mortuorum* (L., 1761). Таким чином, кількість видів у герпетобії досліджених біогеоценозів зазнає суттєвих коливань (9–101 вид), що пов'язано з відстанню міських екосистем до промислових підприємств. На співвідношення трофічних груп значно впливає зімкненість деревного і трав'яного покриву та щільність підстилки. Розмірна структура угруповань підстилкових безхребетних на пробних ділянках досить не збалансована, що свідчить про нестабільність трофічної мережі та антропогенне навантаження в досліджених біогеоценозах. Показано, що переважання екологічно пластичних еврибіонтів у всіх досліджених екосистемах зумовлене високим рівнем техногенного забруднення в умовах міської агломерації. Значення індексів біорізноманіття герпетобію показали, що найвищого різноманіття герпетобіоти досягають на ПД 1 (ділянки поблизу Коксохімічного заводу) (табл. 1), де поширені такі еврибіотні форми (49,9 %): *Bradybaena fruticum* (Mill.), *Pterostichus melanarius* (Ill.), *Musca domestica* (L.).

Таблиця 1

**Індекси біорізноманіття угруповання герпетобію
(середнє $\pm$ ст. похибка)**

Пробна ділянка	Індекс Шеннона	Індекс Пілоу
ПД 1 (околиці Коксохімічного заводу, ж/м «Західний»)	$3,25 \pm 0,332$	$0,74 \pm 0,072$
ПД 2 (50 м від ВАТ «Дніпрошина»)	$0,77 \pm 0,085$	$0,24 \pm 0,024$
ПД 3 (околиці ж/м «Західний»)	$2,78 \pm 0,282$	$0,68 \pm 0,071$
ПД 4 (околиці Придніпровської ТЕС)	$1,79 \pm 0,183$	$0,56 \pm 0,061$

Максимум видового різноманіття спостерігається для угруповання герпетобіонтів ПД 1. На цій пробній ділянці встановлено 101 вид безхребетних, що, вірогідно, зумовлено особливостями структури рослинного покриву та незначним рекреаційним навантаженням. Слід зазначити, що у цьому біогеоценозі зімкненість деревостану становить 60 %, а проективне покриття трав'яного ярусу – 80 %). Пертинентний вплив рослинного покриву сприяє створенню сприятливих екологічних режимів для герпетобію, що проявляє себе у найбільших показниках різноманіття. Поряд із видовим багатством слід відмітити переважання показників індексу Шеннона ($3,25 \pm 0,33$) та Пілоу ($0,74 \pm 0,07$). Найменшим видовим багатством (9 видів) характеризується пробна ділянка ПД 2, розміщена поблизу заводу «Дніпрошина». Ми пов'язуємо таку особливість тваринного населення зі значним техногенним впливом заводу як джерела потрапляння токсичних речовин і безпосередньо на герпетобій, і на рослинний покрив. Негативний вплив на рослинний покрив проявляє себе через фрагментацію структури підстилкового блоку в

дослідженому насадженні. Очевидно, менш щільний підстилковий блок зменшує ресурси та можливість перебування герпетобію. У таких екстремальних умовах можуть мешкати тільки найбільш резистентні форми. Так, серед сапрофагів переважають *Isopoda* та *Julidae*.

Таким чином, подальші моніторингові дослідження біогеоценозів екологічно небезпечних регіонів, які зазнають значного антропогенного впливу, необхідні для контролю якості середовища та виділення локальних тест-об'єктів.

ВПЛИВ ЗООГЕННОГО ОПАДУ НА ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТУ. Досліджено, що процес розкладання та утилізації трупів тварин позитивно діє на зниження кислотності ґрунту. Під трупами курчат показники pH проб ґрунту з усіх ґрунтових горизонтів (ІГ) мали вище значення відносно контрольних зразків: у *Ho* ґрунтовому горизонті під трупами реакція зростає у середньому на 16,7 %, у *H1* ІГ – на 8,4 %, та на 6,4 % вище за контроль у *H2* ІГ (рис. 3).

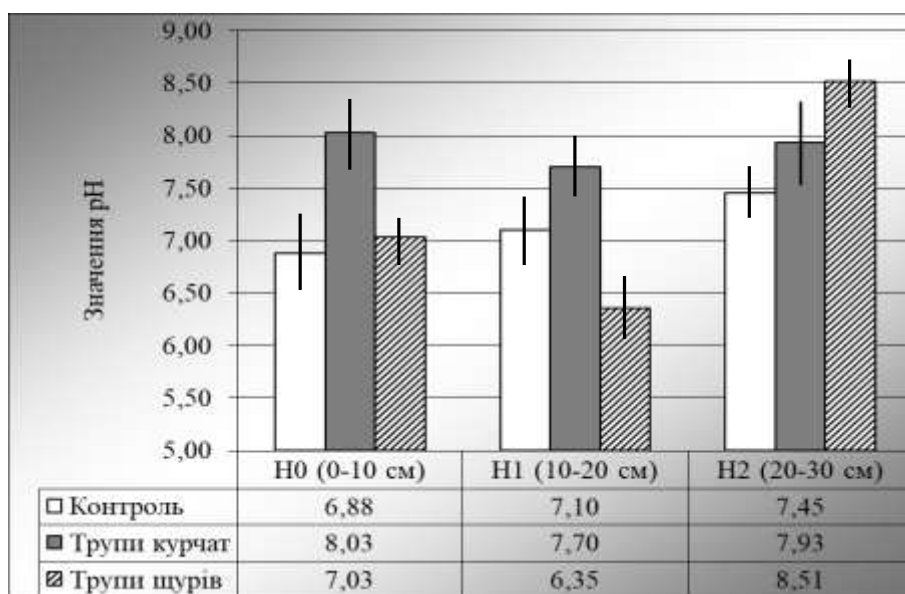


Рис. 3. Вплив зоогенного опаду на pH водної витяжки ґрунту

Умовні позначки: стовпці – середнє значення ознаки, вертикальні лінії – стандартна похибка

Отже, найвищий показник pH під час розкладання трупів курчат реєструється на *Ho* ґрунтовому горизонті. За впливу розкладання трупів щурів також спостерігається підвищення реакції ґрунту порівняно з контрольними зразками: у *Ho* ІГ – на 2,2 % та у *H2* ІГ – на 14,2 % відносно контрольних значень у наведених ґрунтових горизонтах. На *H1* ІГ показник реакції ґрунту, навпаки, зменшується у середньому на 10,6 % відносно індексів контролю у цьому шарі ґрунту. Таким чином, максимальне значення pH ґрунту (8,51) відмічається під трупами щурів у горизонті 20–30 см. Вірогідно, це пов'язано з більш тривалим процесом розкладання трупів щурів порівняно з трупами птахів, з наявністю більшої кількості некроорганіки і, як наслідок, більшим виділенням ексудату у ґрунт. Дослідження впливу зоогенного опаду на вміст

азоту в ґрунті виявило зростання кількості азоту в усіх експериментальних зразках ґрунту порівняно з контролем. Контрольні значення вмісту нітрогену поступово знижуються від поверхневих ґрунтових горизонтів до глибинних, а саме: H_0 (на 30,0 %) > H_1 (на 55,5 %) > H_2 . Отже, середній вміст азоту в контрольних зразках ґрунту на глибині 20–30 см виявився мінімальним (0,28 мг/100 г ґрунту). Аналогічна тенденція спостерігається у пробах ґрунту під трупами курчат: H_0 (на 46,1 %) > H_1 (на 43,5 %) > H_2 . У зразках ґрунту під трупами щурів показники вмісту азоту виявились практично однаковими. Найвищий середній показник вмісту азоту зареєстрований на H_1 ІГ (1,18 мг/100 г ґрунту), що на 87,3 % вище за аналогічний показник у контролі. Високі показники вмісту азоту на H_0 ґрунтовому горизонті зареєстровані під трупами курчат (на 42,2 % вище контрольного індексу). На H_2 ґрунтовому горизонті (20–30 см) відмічається збільшення показників вмісту азоту на 39,3 % і на 257 % під трупами курчат і щурів відповідно. А максимальне значення азоту відмічається у зразках ґрунту під трупами курчат у верхньому ґрунтовому горизонті (1,28 мг/100 г ґрунту).

Дослідження впливу зоогенного опадів на накопичення фосфору в ґрунті виявили також позитивну тенденцію: максимальне значення фосфору виявлено на H_0 ґрунтовому горизонті під трупами курчат (6,46 мг/100 г ґрунту), що вище на 107,7 % контрольного показника. Зазначимо, що під трупами курчат вміст фосфору поступово знижується у напрямку з верхніх шарів ґрунту до глибинних: H_0 (на 47,5 %) > H_1 (на 24,1 %) > H_2 . А в контрольних зразках та у пробах ґрунту під трупами щурів відмічається схожа тенденція – у H_0 та H_2 ІГ показники вмісту фосфору вищі за аналогічні у H_1 ІГ. У цілому простежується тенденція акумуляції фосфору в верхньому ґрунтовому горизонті (0–10 см) та на глибині 20–30 см, особливо це помітно у зразках ґрунту під трупами щурів (H_2 ІГ), де середній показник вмісту фосфору виявився на 75,6 % вищим за контрольний індекс і на 28,4 % вищим аналогічного показника за впливу розкладання трупів курчат. За результатами досліджень впливу зоогенного опадів на формування калію у ґрунті експериментального біотопу виявлено: під трупами щурів ріст середнього показника вмісту калію превалює над аналогічними показниками проб ґрунту під трупами курчат на H_0 та H_2 ґрунтових горизонтах на 18,7 % і 13,9 % відповідно. У H_2 ґрунтовому горизонті середні показники вмісту калію у всіх пробах майже однакові – він виявився вищим за контрольний індекс тільки у пробах ґрунту під трупами щурів (на 6,8 %).

МОДЕЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДОМІНАНТНИХ ПРЕДСТАВНИКІВ НЕКРОБІОНТНИХ ДВОКРИЛИХ. Досліджено пластичність деяких морфометричних ознак *Calliphora vicina* R.-D. залежно від температурних умов існування. Мета експерименту – охарактеризувати морфологічну мінливість основних лінійних ознак *Calliphora vicina* за різних температурних умов культивування. Матеріал для дослідження – дві вибірки імаго некробіонтних мух *C. vicina*. Перша вибірка – особини, відловлені у природних умовах (паркові екосистеми м. Дніпро), друга – виведені в

лабораторних умовах ($N = 33$). За допомогою 15 промірів, визначили розміри та пропорції тіла комах. У результаті морфометричного аналізу основних лінійних характеристик особин *Calliphora vicina* найзначніші відмінності між двома вибірками виявлено за шириною голови та довжиною окремих сегментів кінцівок. Діапазон коливань значень за шириною голови в особин, зібраних у природних умовах, значно ширший (1,55–2,40 мм), це пов'язано з неоднорідністю мікрокліматичних умов, у яких розвивалися личинки, та з різними об'ємами трофічного ресурсу. «Лабораторна» вибірка особин характеризується більш константними розмірами голови (2,00–2,34 мм). Також суттєво варіює довжина лапки першої пари ніг (особинам, зібраним у природних умовах, властива довша лапка на 4,7 % порівняно з виведеними у штучних умовах). Максимальні значення додатної асиметричності та ексцесу, які вказують на достовірні відмінності від нормального розподілу, реєструються в обох вибірках за довжиною гомілки третьої пари ніг та довжиною стегна першої пари ніг. Отже, у вибірках домінують особини з відносно короткими зазначеними сегментами. За більшістю інших лінійних промірів некробіонтних мух суттєві відмінності між вибірками не реєструються. Ефемерність субстрату існування синіх падальних мух зумовлює високу еволюційно сформовану пристосованість виду до варіювання мікрокліматичних умов усередині трупного матеріалу. Незначна мінливість морфометричних характеристик вказує на еволюційно зумовлену стійкість виду до зміни абіотичних факторів середовища.

Дослідженнями екологічних аспектів онтогенезу некробіонтних двокрилих та інтенсивності накопичення біомаси личинками *Lucilia caesar* (L.) (Diptera, Calliphoridae) виявлено три стрибки зростання ваги личинок мух, особливо різкий й високий – на перших стадіях онтогенезу (рис. 4).



набирають вагу в 26 разів більшу ($0,72 \pm 0,043 - 18,68 \pm 0,333$). Личинки з II до III віку розвитку за чотири доби збільшують біомасу майже вдвічі ($18,68 \pm 0,333 - 37,45 \pm 0,701$). Слід зазначити, що вага личинок до утворення пупарію була більшою на 3–8 мг ($55,26 \pm 0,432$) порівняно з тими ж личинками у сформованому пупарії ($51,26 \pm 0,385$). Вага імаго мух коливалася у межах 25–30 мг ($27,02 \pm 0,423$) і була у 1,89 раза меншою за вагу пупаріїв, що свідчить про складні процеси метаморфозу мух на стадії лялечки. Відносна довжина тіла *Lucilia caesar* протягом перших стадій онтогенезу теж сильно варіює: на переході личинок з I віку ($2,51 \pm 0,102$) у II ($9,63 \pm 0,143$) довжина личинок збільшується у 3,85 раза. Довжина личинок постійно зростає до IV віку ($13,02 \pm 0,121$), під час утворення пупаріїв довжина зменшується у 1,2 раза ($10,64 \pm 0,214$). Зазначимо, що довжина псевдолялечки та імаго виявляється приблизно однаковою ($10,17 \pm 0,234$).

Експериментально досліджували також вплив іонів свинцю та кадмію на розвиток *Calliphora vicina* R.-D. (Diptera, Calliphoridae). Концентрація солей важких металів у поживному субстраті, де розвивалися личинки мух, складала від 10^{-2} до 10^{-9} , у контролі – 10^{-15} М. Виявлено більш токсичний ефект іонів кадмію у поживному субстраті на розвиток мух, порівняно з впливом іонів свинцю. Установлено летальну дозу для личинок *C. vicina* 10^{-2} М для кадмію. В експерименті стосовно впливу свинцю від 10^{-2} до 10^{-9} М майже всі личинки дійшли до утворення імаго (дорослої мухи). Зворотна залежність між масою пупарію і вмістом у ньому сухої речовини описується рівнянням квадратичної регресії (рис. 5).

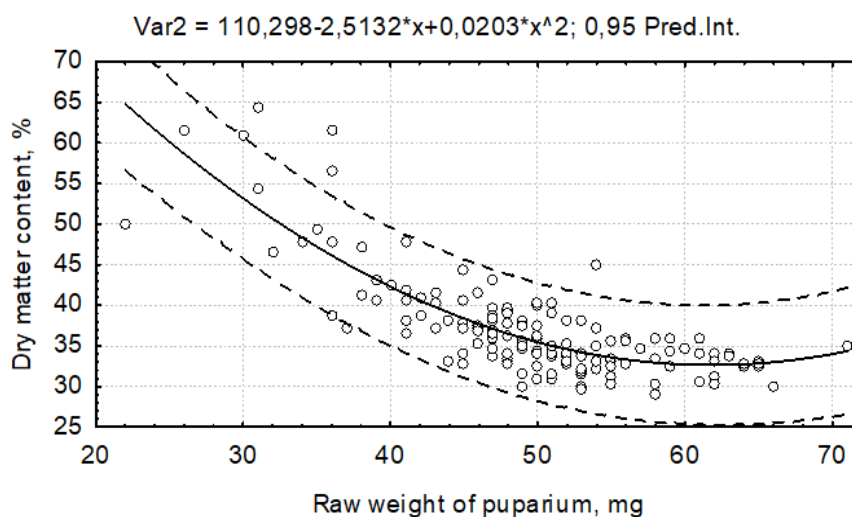


Рис. 5. Залежність між вагою пупаріїв *C. vicina* і вмістом його сухої речовини з контрольної групи і експериментальних зразків, описується за допомогою рівняння квадратичної регресії: $A = 0.020 m^2 - 2.513 m + 110.3$, де A – вміст сухої речовини (%), m – сира вага пупаріїв (мг), ($n = 150$).

Найцікавіший факт, виявлений у цьому дослідженні, – це реєстрація майже постійного об'єму пупарію, незалежно від його маси і доз важких металів. Нестачу маси тіла личинки при заляльковуванні, вірогідно,

компенсують роздуванням повітряноснах мішків, розташованих у черевному відділі («air sacs») (рис. 6). Зазначимо, що аналогічних даних для інших видів Calliphoridae раніше отримано не було. У результаті впливу солей кадмію на розвиток мух *C. vicina* зареєстровано такі патології: деформація крил, нанізм, деформація черевця і патології в пупаріації (утворення псевдолялечки). Вплив солей свинцю на розвиток *C. vicina* виражений в таких мальформаціях: деформація крил, нанізм, викривлення кінцівок, чорне забарвлення і патології в пупаризації (виходу імаго з псевдолялечки).

Із личинок у контрольному варіанті досліді (без додавання солей важких металів у харчовий субстрат) після стадії пупарію відродилося 96,6 % імаго мух, з яких 41,4 % склали самці (♂) і 58,6 % – самки (♀) при загальній кількості пупаріїв, рівній 60. У досліді із додаванням солей Cd і Pb спостерігається високий показник смертності особин на стадії личинки. Подібна тенденція спостерігається і на стадії пупи в досліді із високими концентраціями солей металів у харчовому субстраті. Наприклад, у досліді з концентрацією солі Cd 10^{-3} М з 12 пупаріїв змогли вийти імаго в 50 % випадків, решта загинули.

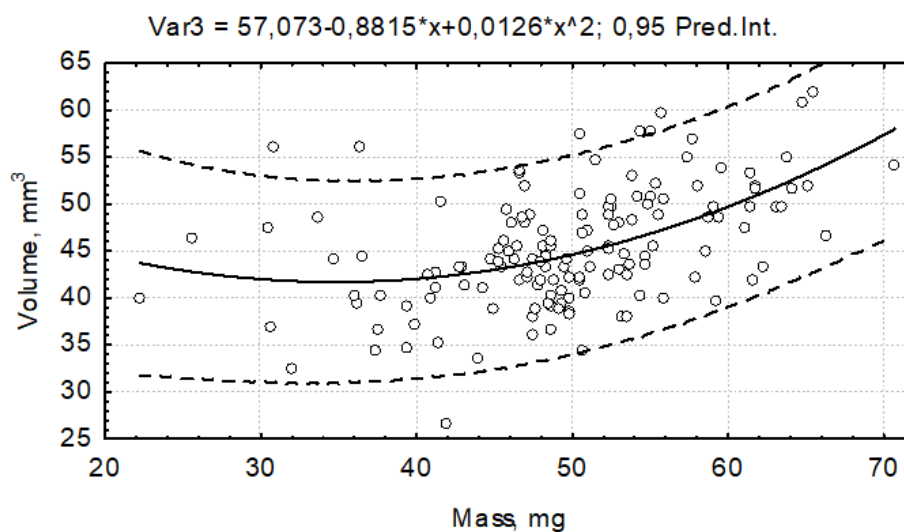


Рис. 6. Співвідношення між масою пупаріїв *C. vicina* (мг) і його розміром (мм³) з контрольної групи і експериментальних зразків (n = 150)

Під час експерименту з концентраціями солі Pb 10^{-2} і 10^{-3} М з 42 і 40 пупаріїв вийшли 31 і 30 імаго відповідно (75 %). Із них у першому випадку: ♂ – 38,7 %, ♀ – 61,3 %; в другому: ♂ – 22,5 %, ♀ – 52,5 %. Однак зазначимо, що із серії дослідів зі свинцем у субстраті до стадії пупарію благополучно розвинулися практично всі личинки. Це може свідчити про те, що солі свинцю менш токсичні для личинок *C. vicina*, порівняно із солями кадмію, оскільки в досліді із концентрацією Cd 10^{-2} М всі личинки загинули, не досягнувши III віку (за винятком однієї, яка померла на стадії передпупарію). Таким чином, експериментальне дослідження токсикологічних ефектів впливу робить їх актуальними і перспективними в загальній проблемі біологічних аспектів охорони навколишнього середовища.

ВИСНОВКИ

1. У різних типах біогеоценозів степового Придніпров'я з'ясовано особливості структури ентомонекрофільного комплексу. Показано, що Diptera та Coleoptera складають близько 60 % від угруповання некрофільного комплексу. Встановлено види-індикатори стадій процесу розкладання та утилізації зоогенного опаду. Процес розкладання та ентомологічні сукцесії мають специфіку залежно від виду трупа та типу біогеоценозу, де відбувається процес розкладання трупа тварини.

2. Встановлено сукцесійні зміни у процесі розкладання та утилізації органіки трупів тварин. Індикатори **I стадії** розкладання некроорганіки – це Muscidae (*Musca domestica*, *M. autumnalis*, *Muscina stabulans*), Calliphoridae (*Lucilia sericata*, *L. caesar*, *Caliphora vicina*), Silphidae (*Nicrophorus antennatus*, *N. germanicus*, *N. humator*, *N. fossor*, *N. investigator*, *N. vespillo*, *N. vespilloides*), Geotrupidae (*G. stercorosus*) та Staphylinidae (*Philonthus succiola*, *Ontholestes tessellatus*). Індикатори **II стадії** – Diptera родин Phoridae, Heleomyzidae, Sepsidae та Fanniidae, а також Coleoptera (*Hister quadrimaculatus*, *H. quadrinotatus*, *Oiceoptoma thoracicum*, *Silpha obscura*, *Thanathophilus sinuatus*, *Geotrupes spiniger*, *G. stercorarius*, *G. stercorosus*). Індикатори **III стадії** розкладання трупів – мухи Sphaeroceridae. Індикаторами **IV стадії** розкладання некроорганіки виступають двокрилі Sepsidae, Fanniidae, жуки *Philonthus succiola*, *Dermestes lanarius*, *D. undulatus*.

3. Біологічні особливості трупів (будова шкірного покриву, хутро, пір'я, маса трупа, наявність хімусу в кишківнику, відкритих ран тощо) мають першорядне значення для колонізації трупа комахами некрофільного комплексу. Серед жуків-некробіонтів лише на трупах птахів були відмічені *N. germanicus* (липо-ясенева діброва) і *N. humator* (штучні дубові насадження). Процес розкладання та утилізації трупів птахів відбувається більш інтенсивно порівняно зі швидкістю розкладання трупів ссавців. М'які тканини птахів швидше утилізуються комахами. Скелет птахів також швидше дефрагментується, а його тонкі та дрібні кістки активніше розтягують мурахи. Але пір'яний покрив довше утилізується комахами, порівняно із зовнішніми покривами ссавців.

4. Серед комах ентомонекрокомплексу урбоєкосистем домінують синантропні двокрилі (46 %). Кількість видів у герпетобію біогеоценозів промислової зони м. Дніпро зазнає суттєвих коливань (9–101 вид), що пов'язано з відстанню до промислових підприємств. На трофічну структуру герпетобію впливає зімкненість деревного і трав'яного покриву та щільність підстилки. Незбалансована розмірна структура угруповань підстилкових безхребетних свідчить про нестабільність трофічної мережі та антропогенне навантаження в досліджених біогеоценозах. Переважання екологічно пластичних еврибіонтів пояснюється високим рівнем техногенного забруднення в умовах міської агломерації.

5. За дії розкладання трупів тварин рівень pH ґрунту підвищується. Під трупами курчат pH зростає на 6,4–16,7 %, а щурів – на 2,2–14,2 % відносно контрольних значень. Вміст азоту в ґрунті під трупами курчат зростає на 9,5–42,2 %, а під трупами щурів – на 25,5–25,7 %. Вміст фосфору під трупами курчат зростає на 28,4–107,7 %, а щурів – на 57,5–75,7 %. Вміст калію в ґрунті під трупами курчат підвищується на 3,63 % до 69,8 %, а під трупами щурів – на 6,8–23,0 %. Отже, зоогенний опад – важливий фактор у накопиченні NPK -комплексу в ґрунті.

6. Аналіз варіабельності лінійних характеристик особин *Calliphora vicina* показав їх залежність від температурних умов. Найзначніші відмінності виявлено у ширині голови та довжині окремих сегментів кінцівок. Діапазон коливань ширини голови в особин у природних умовах значно ширший (1,55–2,40 мм), що пов'язано з неоднорідністю мікрокліматичних умов, у яких розвивалися личинки, та з різними об'ємами трофічного ресурсу. Лабораторна вибірка особин характеризується меншою варіабельністю розміру голови (2,00–2,34 мм). Також суттєво варіює довжина лапки I пари ніг (особинам, зібраним у природних умовах, властива лапка довша на 4,7 % порівняно з особинами, виведеними у штучних умовах). Отже, еколого-морфологічні дослідження вказують на пластичність морфометричних ознак *C. vicina* та гнучкість в освоєнні видом різноманітного середовища існування.

7. Установлено, що у процесі онтогенезу некробіонтних двокрилих *Lucilia caesar* відбуваються три стрибки зростання ваги личинок мух, особливо різкі й високі на перших стадіях онтогенезу: личинки з I до II віку за два дні збільшують вагу у 26 разів ($0,72 \pm 0,043$ – $18,68 \pm 0,333$ мг), що пояснюється екологічною специфікою цієї групи комах, оскільки некробіонтні двокрилі є головними утилізаторами м'яких тканин трупів. Вага імаго мух коливалася у межах 25–30 мг і була у 1,89 раза меншою за вагу пупаріїв. Довжина личинок постійно зростає до IV віку ($13,02 \pm 0,121$ мг), при утворенні пупаріїв довжина зменшується у 1,2 раза ($10,64 \pm 0,214$ мг). Це свідчить про складні процеси метаморфозу мух на стадії псевдолялечки.

8. Негативні токсикологічні ефекти важких металів на розвиток некробіонтних двокрилих (на прикладі *Calliphora vicina* R.-D.) проявляються в деформації крил, нанізмі, деформації черевця і патології в пупаріації. Установлено летальну дозу для личинок *C. vicina* (10^{-2} М для Cd). У дослідженні зареєстровано майже постійний об'єм пупарію, незалежно від його маси і доз важких металів у субстраті, який споживали личинки. Вплив солей свинцю на розвиток *C. vicina* виражений у таких мальформаціях: деформація крил, нанізм, викривлення кінцівок, меланізм і патології в пупаризації. Доведено, що *C. vicina* можна віднести до групи комах толерантних до дії важких металів та здатних витримувати вплив відносно високих концентрацій Cd та Pb .

СПИСОК ОСНОВНИХ НАУКОВИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Монографія

1. Булахов В. Л., Пахомов О. Є., Рева О. А., **Шульман М. В.** Ссавці як об'єкт досліджень у лісах степової зони України. (С. 20–35). Біогеоценологічні дослідження лісів степової зони України: монографія / За ред. А. П. Травлеєва. – Дніпро: Вид-во «Свідлер А. Л.», 2016. – 203 с. (*Особистий внесок: аналіз літературних даних щодо роботи Комплексної експедиції Дніпровського університету: Ссавці, написання та оформлення розділу монографії*).

У виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз даних

2. **М. V. Shulman**, Olexandr Y. Pakhomov, Viktor V. Brygadyrenko. Effect of plumbum and cadmium ions upon the pupariation and morphological changes of *Calliphora vicina* (Diptera, Calliphoridae). Folia Oecologica – vol. 44, no 1 (2017). – P. 28–37. Doi: 10.1515/foecol-2017-0004). Р. «SCOPUS» (IF 0,29). (*Особистий внесок: виконання лабораторних досліджень, обробка отриманих результатів, написання статті*). (Scopus).
3. Pakhomov, O. Y., **Shulman, M. V.** Features of Birds Corpses Decomposition and Utilization Processes in Different Forest Biogeocoenosis in Steppe Dnipro River Area. Ornithological reading of memory M. A. Voinstvensky (collection of works). Vestnik zoologii, Journal of Schmalhausen Institute of Zoology. Kiev, 2017. ISSN 1608-4179. Supplement 35, 1–88, P. 59–61. (*Особистий внесок: виконання польових досліджень, обробка отриманих результатів, написання статті*). (Scopus).

Публікації у наукових фахових виданнях

4. Пахомов А. Е., Дубина А. А., Рева А. А., **Шульман М. В.** Воздействие мышевидных грызунов на интенсивность разложения подстилки в основных лесных биogeоценозах Присамарья / Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель : наук. журн. – Д. : ЛПРА, 2017. – Том 46. – С. 102–106. ISSN 2073 – 8331. (*Особистий внесок: опрацювання польових матеріалів, оформлення статті*).
5. Фали Л. І., **Шульман М. В.** Пластичність морфометричних ознак *Calliphora vicina* у постійних і мінливих температурних умовах культивування / Вісник Дніпропетр. ун-ту. Серія: Біологія. Екологія. – 2013. – 21(1): 3–9. (*Особистий внесок: збирання фактичного матеріалу, проведення лабораторних експериментів, статистична обробка отриманих результатів, написання статті*).
6. Корольов О. В., **Шульман М. В.** Роль *Pterostichus melanarius* (Coleoptera: Carabidae) у регуляції чисельності твердокрилих ентомоценозів природних і штучних лісових екосистем степового Придніпров'я / Наук.

- вісник Ужгород. ун-ту. Серія: Біологія. – 2013. – Вип. 34. – С. 40–46. (*Особистий внесок: збирання фактичного матеріалу, написання статті*).
7. Похиленко А. П., Корольов О. В., **Шульман М. В.** Особливості угруповань підстилкових безхребетних техногенно трансформованих територій на прикладі м. Дніпропетровська / Питання біоіндикації та екології. – Запоріжжя : ЗНУ, 2009. – Вип. 14, № 1. – С. 121–134. (*Особистий внесок: збирання фактичного матеріалу, оформлення статті*).
 8. Похиленко А. П., Королев А. В., **Шульман М. В.** Особенности формирования герпетобия биогеоценозов урбанизированных территорий на примере Днепропетровска / Фаунистические исследования в урбосистемах: Вестник Мордов. ун-та. Серія: Биологические науки. – Саранск : МордовГУ, 2009. – № 1. – С. 34–35. (*Особистий внесок: збирання фактичного матеріалу, написання статті*).
 9. **Шульман М. В.** Домінантні групи безхребетних тварин в утилізаційних процесах мертвої органіки / Науковий вісник Чернівець. ун-ту. – 2008. – Вип. 373. Серія: Біологія. – С. 217–221. (*Особистий внесок: збирання фактичного матеріалу, обробка отриманих результатів, написання статті*).
 10. **Шульман М. В.**, Пахомов О. Є. Ентомофенокомплекс – основний функціональний елемент у розкладі й утилізації зоогенного опаду / Вісник Львів. ун-ту. Серія біологічна. – 2008. – Вип. 46. – С. 3–12. (*Особистий внесок: аналіз літературних джерел, побудова таблиць та схем, написання статті*).

Список публікацій, які свідчать про апробацію матеріалів дисертації

11. **Шульман М. В.** Половая структура и мальформации имаго мух *Calliphora vicina* в результате влияния солей тяжелых металлов (Cd, Pb) / Фундаментальні та прикладні дослідження в біології та екології // Матер. IV Міжнар. наук. конф. студ., аспір. і мол. вчен. (12–14 квітня 2016 р., м. Вінниця, Україна). – Вінниця : Друк, 2016. – С. 190–191.
12. **Шульман М. В.** Характеристика влияния тяжелых металлов (Pb, Cd) на развитие личинок *Calliphora vicina* / Біологія та екологія ґрунтів // Матер. I Всеукр. конф. з міжнар. участю (Львів, 14–16 жовтня 2015 р.). – Львів, 2015. – С. 81–83.
13. **Шульман М. В.**, Пахомов А. Е. Влияние солей некоторых тяжелых металлов на развитие личинок *Calliphora vicina* R.-D. (Diptera: Calliphoridae) in vitro / Актуальные вопросы образования и науки // Матер. Междунар. науч.-практ. конф. (30. 09. 2014). – Тамбов : ООО «Юком». 2014. – Ч. 9. – С. 159–162. (*Видання включене до наукометричної бази даних РІНЦ Elibrary.ru*).
14. Корольов О. В., **Шульман М. В.** Роль *Pterostichus melanarius* (Coleoptera: Carabidae) в регуляції численності некоторых почвенных личинок Diptera / Экология, эволюция и систематика животных // Матер. Всерос. научн.-практ. конф. (17–19.11.2009). – Рязань : Голос губернии, 2009. – С. 92–93.

15. Корольов О. В., Шульман М. В. Доминантные жесткокрылые некрокомплекса искусственных лесных биогеоценозов г. Днепропетровск / Биogeография почв // Матер. II Всерос. конф., посвящ. 70-летию со дня рождения чл.-корр. РАН Д. А. Кривошуккого (28–30.09.2009). – Москва : МГУ им. М. В. Ломоносова, 2009. – С. 90.
16. Корольов О. В., Шульман М. В. Трофические связи *Pterostichus melanarius* (Coleoptera: Carabidae) с некрофильными жесткокрылыми лесных биогеоценозов степного Приднeпровья / Фундаментальні та прикладні дослідження в біології // Матер. I Міжнар. наук. конф. (23–26.02.2009). – Донецьк : Вебер, 2009. – Т. 1. – С. 194–195.
17. Корольов О. В., Шульман М. В. Особливості екології домінантних представників Silphidae у різних типах штучних лісових біогеоценозів м. Дніпропетровськ / Проблеми екології та екологічної освіти // Матер. VII Міжнар. наук.-практ. конф. (12.12.2008). – Кривий Ріг : Видавничий дім, 2008. – С. 215–216.
18. Шульман М. В., Фали Л. І. Особливості трофічної поведінки некрофільних стафілінід роду *Philonthus* (Coleoptera, Staphylinidae) / Молодь та поступ біології // Матер. IV Міжнар. наук. конф. студентів та аспірантів. – Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, 2008. – С. 241–242.
19. Шульман М. В., Фали Л. І. Внутрішньопопуляційна мінливість морфологічних структур *Philonthus intermedius* (Coleoptera, Staphylinidae) в умовах техногенно навантаженого м. Дніпропетровськ / Еколого-економічні проблеми України, Азово-Чорноморського басейну: економіка, екологія, освіта // Матер. Міжнар. наук.-практ. конф. – Бердянськ, 2007. – С. 29–30.
20. Шульман М. В. До питання про інтенсивність накопичення біомаси личинками *Lucilia caesar* (L.) (Diptera, Cyclorrhapha) / Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах // Матер. IV Міжнар. наук. конф. – Дніпропетровськ : ДНУ, 2007. – С. 318–319.
21. Шульман М. В. Методы учета беспозвоночных животных некрокомплекса / Проблеми екології та екологічної освіти // Матер. V Міжнар. наук. конф. – Кривий Ріг : Видавничий дім, 2006. – С. 142–143.
22. Shulman M. V. The problem of environmental protection in Pridneprovsk region // Матер. Міжвуз. студ. наук.-практ. конф. «Молодь України в контексті міжкультурної комунікації», 28 квітня 2005 р., Дніпропетровськ, 2005. – С. 99–100.
23. Шульман М. В. Біоаккумуляція важких металів та екологічна характеристика мікромамалій в природних та техногенних екосистемах степового Придніпров'я // Матер. VIII Міжнар. наук.-практ. конф. «Наука і освіта '2005», 7–21 лютого 2005 р. Серія: Біологія. – Т. 10., Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2005. – С. 65–67.
24. Булахов В. Л., Шульман М. В. Зоогенный опад как функциональный элемент в биогеоценологических процессах лесных экосистем степного Приднeпровья / Біорізноманіття та роль зооценозу в природних і

антропогенних екосистемах // Матер. III Міжнар. конф. 4–6 жовтня 2005 р., м. Дніпропетровськ : ДНУ, 2005. – С. 115–116.

Публікації, які додатково відображають наукові результати дисертації

25. Рева О. А., **Шульман М. В.** Особливості утримування пернатих мешканців у живих куточках. Навч. посібник. – Д.: РВВ ДНУ, 2014. – 77 с.
26. Рева О. А., **Шульман М. В.** Особливості утримування земноводних, плазунів та ссавців у живих куточках : навч. посібник. – Д. : РВВ ДНУ, 2014. – 57 с.
27. Пахомов О. Є., Гассо В. Я., Рева О. А., **Шульман М. В.** Біологічні та екологічні терміни, поняття та закони : Навч. посіб. / О. Є. Пахомов, В. Я. Гассо, О. А. Рева, М. В. Шульман. – Д. : РВВ ДНУ, 2015. – 65 с.
28. Рева О. А., Голобородько К. К., Пахомов О. Є., **Шульман М. В.** Навчальний посібник з педагогічної практики для студентів біологів та екологів. – Д. : РВВ ДНУ, 2015. – 82 с.
29. Пахомов О. Є., Рева О. А., **Шульман М. В.**, Балюк Ю. О. Біологія нижчих хордових : навч. посіб. – Д : РВВ ДНУ, 2017. – 85 с.

АНОТАЦІЯ

Шульман М. В. Зоогенний опад як функціональний елемент біогеоценозів степового Придніпров'я. – Кваліфікаційна наукова праця. На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук за спеціальністю 03.00.16 «Екологія». – Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара Міністерства освіти і науки України, Дніпро, 2018.

У дисертації визначена функціональну роль зоогенного опаду (трупів тварин) у біогеоценозах степового Придніпров'я та встановлено закономірності динаміки складу й структури ентомоценозу в лісових екосистемах степового Придніпров'я, оцінено його участь у розкладанні відмерлої органіки в різних типах біогеоценозів. Проаналізовано екологічне значення типів біогеоценозів степового Придніпров'я у формуванні ентомоценозу, встановлено сукцесійні зміни у процесі деструкції зоогенного опаду й охарактеризовано трофічну спеціалізацію основних груп комах ценозу, визначено закономірності у процесах розкладання та утилізації трупів тварин різних класів, виявлено зміни, що відбуваються в ентомоценозі в урбоценозах, з'ясовано характер впливу зоогенного опаду на властивості ґрунту (*pH*, *НРК*-комплекс), виявлено морфоекологічні особливості некробіонтних двокрилих (на прикладі *Calliphora vicina* R.-D.). Визначено екологічні аспекти онтогенезу некробіонтних двокрилих (на прикладі *Lucilia caesar* (L.)). Оцінено токсикологічні ефекти важких металів (*Pb*, *Cd*) на розвиток некробіонтних двокрилих (на прикладі *Calliphora vicina* R.-D.).

Ключові слова: зоогенний опад, трупи тварин, процес розкладання трупів, сукцесійні зміни ентомофауни трупів, ентомонекрокомплекс, некрофільні комахи, некробіонтні двокрилі та твердокрилі, некроорганіка.

АННОТАЦІЯ

Шульман М. В. Зоогенний опад як функціональний елемент біогеоценозів степного Придніпров'я. – Кваліфікаційна научна робота. На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.00.16 «Экология». – Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара Министерства образования и науки Украины, Днепро, 2018.

В диссертации определена функциональная роль зоогенного опада (трупов животных) в биогеоценозах степного Придніпров'я и установлены закономерности динамики состава и структуры энтомонекрокомплекса в лесных экосистемах степного Придніпров'я, оценено его участие в разложении некроорганики в разных типах биогеоценозов степного Придніпров'я. Проанализировано экологическое значение типов биогеоценозов степного Придніпров'я в формировании энтомонекрофильного комплекса, установлены сукцессионные изменения в процессе деструкции зоогенного опада и дана характеристика трофической специализации основных групп насекомых некрофильного комплекса. Установлено, что процесс разложения и энтомологические сукцессии трупа различаются в зависимости от качества трупа и типа биогеоценоза, где находится труп животного. Например, нами установлено, что мухи *Sarcophagidae* проявляют биотопическую специфичность: *Sarcophaga variegata* выявлена в биотопах с искусственным дубовым насаждением и на экспериментальных площадях степной целины. *Liosarcophaga portchinskyi* и *Liosarcophaga similis* зарегистрированы только в естественных биотопах липо-ясеновой дубравы, а *Robineauella caerulea* наблюдалась лишь в экспериментах в искусственном дубовом насаждении на плакоре. Мухи семейства *Heleomyzidae* присутствовали только в мезогигрофитном биотопе липо-ясеновой дубравы, а *Scatophaga stercoraria* и *Fannia canicularis* регистрировались в ксерофитном биотопе степной целины.

Определены закономерности в процессах разложения и утилизации трупов животных разных классов (птицы, микромлекопитающие). Выявлены изменения, происходящие в энтомонекрофильном комплексе в урбоэкосистемах, установлен характер влияния зоогенного опада на некоторые свойства почвы (*pH* и *НРК*-комплекс). В исследованиях установлено, что процесс разложения трупов животных понижает кислотность почвы. Например, под трупами цыплят показатели *pH* образцов почвы со всех почвенных горизонтов (0–10 см, 10–20 см, 20–30 см) имели более высокие значения по отношению к контрольным индексам: в *Н₀* почвенном горизонте под трупами реакция возрастает в среднем на 16,7 %, в *Н₁* почвенном горизонте на 8,4 %, и на 6,4 % выше контроля в *Н₂* почвенном горизонте.

Выявлены эколого-морфологические особенности некробионтных двукрылых (на примере *Calliphora vicina* R.-D.). Определены некоторые экологические аспекты онтогенеза некробионтных двукрылых (на примере *Lucilia caesar* (L.)). Дана оценка токсикологическим эффектам тяжелых металлов (Pb, Cd) на развитие некробионтных двукрылых (на примере *Calliphora vicina* R.-D.).

Ключевые слова: зоогенный опад, трупы животных, процесс разложения трупов, сукцессионные изменения энтомофауны трупов, энтомонекрокомплекс, некрофильные насекомые, некробионтные двукрылые и жесткокрылые, некроорганика.

ABSTRACT

Shulman M. V. Zoogenic litter as a functional element of the steppe Prydniprov'ia biogeocoenoses. – Qualifying scientific work. Manuscript.

Dissertation on the competition of graduate degree of candidate of biological sciences on specialty 03.00.16 «Ecology». – Oles Honchar Dnipro National University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Dnipro, 2018.

The thesis determines the functional role of a zoogenous litter (dead animals) in biogeocoenoses of the steppe Prydniprov'ia, sets patterns of the dynamics and structure of the necrophilous complex of entomofauna in forest ecosystems of steppe Prydniprov'ia, and estimates its role in the decomposition of dead organic matter in different types of ecosystems. The ecological significance of the types of biogeocoenoses of steppe Prydniprov'ia in the formation of the necrophilous complex was estimated; successional changes in the process of destruction of zoogenous litter were determined and the trophic specialization of the main groups of necrophilous insects was analyzed; decomposition and utilization patterns of different animal corpses were determined; the changes occurring in entomofauna necrophilous complex of urban ecosystems were revealed, the impact of zoogenous litter on soil properties was determined, and morphological and ecological traits of necrophilous dipteran (*Calliphora vicina* R.-D. as an example) were revealed. The ecological aspects of ontogenesis of necrophilous dipteran (on the example of *Lucilia caesar* (L.)) were determined. The toxicological effects of heavy metals (Pb and Cd) on the development of necrophilous dipteran (on the example of *Calliphora vicina* R.-D.) were estimated. The patterns of the process of decomposition and recycling of zoogenous litter (dead animals of different classes) were first ascertained for the steppe Prydniprov'ia. Influence of destruction of necrotic organic matter on soil properties (pH, NPK) in forest ecosystems in the steppe zone of Ukraine was estimated. The composition of the dominant species of the necrophilous insect complex in different types of biogeocoenoses of the steppe zone of Ukraine was first determined. The stages of successional changes in the process of decomposition and utilization of vertebrates' corpses were revealed.

Keywords: zoogenic litter, animal corpses, the process of decomposition of corpses, succession changes in entomofauna of corpses, entomofauna necrophilous complex, necrophilic insects, necrophilic diptera and coleoptera, necrotic organic matter.

Підписано до друку 22.05.2018. Формат 60×84 1/16. Папір офсетний
Умовн. друк. арк. 0,7. Обл.-вид. арк. 0,9. Зам. № 623.

Наклад 100 прим.

Віддруковано на базі поліграфічно-видавничого центру «Адверта»

49000, Дніпро, Короленко 3 / 308

тел. (066)-55-312-55, (056)-798-22-47

E-mail: 7984722@gmail.com

www.adverta.com.ua

www.facebook.com/adverta.Izdatelstvo