

**МІНІСТЕРСТВО ЕКОЛОГІЇ ТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА ЕКОЛОГІЧНА АКАДЕМІЯ ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ
ОСВІТИ ТА УПРАВЛІННЯ**

ЙОРКІНА НАДІЯ ВОЛОДИМИРІВНА

УДК 502.175:911:375.1(477.64-21)(043.3)

**ЕКОТОКСИКОЛОГІЧНА ТА БІОІНДИКАЦІЙНА ОЦІНКА
СТАНУ УРБОСИСТЕМИ МІСТА МЕЛІТОПОЛЬ**

03.00.16 – екологія

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук

Київ – 2017

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі екології та зоології Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького.

Науковий керівник: доктор біологічних наук, доцент
Жуков Олександр Вікторович,
кафедра екології та зоології Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького, професор.

Офіційні опоненти: доктор біологічних наук, доцент
Шабанов Дмитро Андрійович,
Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна, професор кафедри зоології та екології

кандидат біологічних наук, доцент
Коломійчук Віталій Петрович
Ботанічний сад імені акад. О.В. Фоміна
ННЦ «Інститут біології»
Київського національного університету імені Тараса Шевченка,
заступник директора.

Захист відбудеться «21» вересня 2017 року о 13.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К26.880.02 в Державній екологічній академії післядипломної освіти та управління за адресою: вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корп. 2, м. Київ, Україна, 03035

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління за адресою: вул. Митрополита Василя Липківського, 35, к.310, м. Київ

Автореферат розіслано « » серпня 2017 року

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради
к.с.-г.н., доцент



В. В. Лукіша

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Ефективному моніторингу за станом навколишнього середовища міста приділяється велика увага в сучасних екологічних дослідженнях. Традиційні методи дослідження урбосистем потребують чималих витрат. Як правило, встановлюють основні джерела забруднення окремих компонентів міського середовища (рослинності, ґрунтового покриву, повітря та ін.). Разом з тим, будь-яке місто являє собою складну багатокомпонентну систему з різноманітними частинами, які знаходяться у взаємозв'язку і взаємообумовленості. Програма оцінки екологічного стану міст має бути реально здійсненою та зорієнтованою на пошук оптимальної сукупності індикаторів, за допомогою яких виконується об'єктивна оцінка геосоціосистем на всіх ступенях організації (Голубець, 2010). Цього можна досягти шляхом виділення з усього масиву показників ключових параметрів, які адекватно відображають ступінь забрудненості ґрунту, повітря та водних об'єктів міста (Калабеков, 2003). Комплексна оцінка екологічного стану урбосистеми також має опиратися на дослідження видів-біоіндикаторів рослинного покриву та тваринного населення міста (Димань, 2009; Дідух, 2012; Дмитренко, 2012; Калабеков, 2003; Кондратюк, 2008; Криволуцький, 1994; Кучерявий, 1999; Левич, 2004; Мазинг, 1984; Майстренко, 1996; Миленька, 2009; Brust et al., 1998; Coleman et al., 2004; Livesley et al., 2016; McKinney, 2006; Prasad, 2001; Sukopp und and., 1993 та ін.).

В Україні проведено ряд біоіндикаційних досліджень щодо визначення екологічного стану об'єктів довкілля або окремих територій (Аверчук та ін., 2009, 2012; Андрусевич, 2015; Волощинська, 2012; Вискушенко, 2002; Ганжа та ін., 2012; Жицька, 2011; Павличенко, 2008; Приймак, 2011; Руденко, 2002). У той же час відзначимо, що дослідження комплексного впливу забруднювачів на стан компонентів урбосистеми та біоти вкрай нечисленні (Безсонова, 2001; Жуков та ін., 2010; Парпан та ін., 2009; Стольберг, 2000; Шеховцева, 2016).

Удосконалення системи оцінювання екологічного стану урбосистем, де поряд із застосуванням традиційних екоотоксикологічних методів залучаються біоіндикаційні, є актуальним завданням екологічної науки. Розв'язання його дозволить швидко і об'єктивно оцінити ступінь антропогенних змін середовища міста (ґрунтів, водних ресурсів, атмосфери), спрогнозувати їх, розробити ефективну програму оптимізації стану урбосередовища.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана в межах науково-дослідної тематики кафедри екології та зоології Мелітопольського державного педагогічного університету імені Б. Хмельницького, зокрема держбюджетної теми № ДР 0106U008684 «Комплексні урбоекологічні дослідження селітебного ландшафту міста Мелітополь»; № ДР 113V002248 «Оцінка стану природних та штучних екосистем Північно-Західного Приазов'я»; № ДР 016U006756 «Інвентаризація міської фауни, растрове картування та створення атласу урбанізованих видів тварин малого міста (Північно-Західне Приазов'я)».

Мета та завдання дослідження. Мета дисертаційного дослідження – оцінити наслідки впливу екологічно небезпечних факторів на біоту та екологічний

стан урбосистеми міста Мелітополь за комплексом екотоксикологічних та біоіндикаційних показників.

Для досягнення поставленої мети сформульовано та вирішено такі завдання:

- 1) визначити сучасні напрями біоіндикаційних досліджень екологічного стану урбосистем;
- 2) виявити біотопічні особливості хімічного складу ґрунтів м. Мелітополь за результатами екотоксикологічної оцінки;
- 3) встановити екоморфічну структуру ґрунтової мезофауни та екологічний стан функціональних зон міста за результатами біоіндикаційної оцінки;
- 4) оцінити ценоморфічну й трофічну структури угруповань мезопедобіонтів та визначити перспективні інформаційно цінні групи біоіндикаторів серед ґрунтової мезофауни;
- 5) здійснити екотоксикологічну оцінку рівня забрудненості поверхневих водних об'єктів м. Мелітополь та визначити основні поліютанти;
- 6) оцінити екологічний стан поверхневих водних об'єктів функціональних зон м. Мелітополь за показником життєвості малакофауни;
- 7) визначити основні аерополіютанти функціональних зон міста та оцінити рівень забрудненості повітря;
- 8) з'ясувати екологічний стан функціональних зон міста методом ліхеноіндикації та здійснити картографування території Мелітополя за рівнем забрудненості повітря.

Об'єкт дослідження – ґрунти, поверхневі водотоки, атмосферне повітря, прісноводні гідробіоти, епіфітна ліхенобіота, ґрунтова мезофауна.

Предмет дослідження – оцінка екологічного стану урбосистеми на основі показників життєвості біоіндикаторів.

Методи дослідження. В основу роботи покладено матеріали фізико-хімічних, хіміко-аналітичних, польових методів досліджень, що проводилися на території житлових масивів, автотранспортних магістралей, рекреаційних, промислових зон міста Мелітополь. Для оцінки стану індикаторних груп організмів визначений показник життєвості. Програма досліджень передбачала екотоксикологічну оцінку урбосистеми Мелітополя, біоіндикаційну оцінку показників життєвості епіфітної ліхенобіоти, прісноводних молюсків і ґрунтової мезофауни. Обробку отриманого матеріалу здійснювали методами математичної статистики з використанням кореляційного й кластерного аналізів, а також біоінформаційних підходів.

Наукова новизна отриманих результатів.

Уперше:

- визначено регіональні види-біоіндикатори для території міста Мелітополь;
- виявлено екоморфічну структуру ґрунтової мезофауни, ліхенобіоти та прісноводної малакофауни різних функціональних зон міста Мелітополь;
- проведено комплексну екотоксикологічну та біоіндикаційну оцінку різних функціональних зон урбосистеми;
- визначено комплексні індекси забруднення території міста Мелітополь;

- досліджено особливості поширення лишайників-епіфітів, визначено зони із різним ступенем аеротехногенного забруднення та здійснено їх картографування;
- за показниками життєвості малакофауни і ґрунтової мезофауни здійснено зонування території та вперше окреслено зони з різним екологічним станом;
- розроблено блок-схему проведення комплексної екотоксикологічної та біоіндикаційної оцінки урбосистеми.

Подальшого розвитку набули:

- наукові засади вивчення біодіагностики фауни ґрунтів та водотоків в урбосистемі;
- принципи інтегрального підходу для оцінки антропогенних змін ґрунтів, повітря, водних об'єктів урбосистем.

Поглиблено уявлення щодо:

- біологічних, екологічних особливостей ґрунтового покриву, водотоків, атмосфери урбанізованих територій та комплексного підходу до біоекологічної оцінки їх стану.

Практичне значення отриманих результатів. Результати досліджень поглиблюють знання з біологічних, екологічних аспектів функціонування урбанізованого середовища. Розроблені підходи щодо здійснення екотоксикологічної та біоіндикаційної оцінки урбосистеми великого промислового міста дозволяють обґрунтувати вибір конкретних видів епіфітної ліхенобіоти, прісноводної малакофауни та ґрунтової мезофауни як індикаторів стану урбосистем. Запропоновані процедури визначення функціональних зон міста з найбільшим рівнем антропогенного забруднення та діагностики їх стану надають підґрунтя для розроблення заходів з рекультивації ґрунтів, збереження біорізноманіття та їх подальшого використання. Рекомендації щодо оптимізації стану навколишнього середовища міста Мелітополь використані в практичній діяльності ДП Мелітопольський завод «Гідромаш».

Матеріали дисертації можуть використовуватися під час викладання дисциплін з екології, зоології безхребетних у вищих навчальних закладах. Основні наукові положення дисертації використовуються в процесі викладання курсів «Урбоекологія», «Екологія людини», «Моделювання та прогнозування стану довкілля», «Нормування антропогенного навантаження», «Оцінка впливу на навколишнє середовище», «Збереження біорізноманіття в урбанізованих та промислових районах», «Економіка природокористування», «Основи екології», «Техноекологія», а також у написанні випускних кваліфікаційних і дипломних робіт зі спеціальності «Екологія» у Мелітопольському державному педагогічному університеті імені Богдана Хмельницького.

Особистий внесок здобувача. Дисертація є особистою науковою працею автора. Автор здійснив аналіз інформації з проблематики досліджень, визначив методи досліджень, провів збір статистичних даних, виконав експериментальні дослідження та їх основний аналіз, а також сформулював основні висновки роботи. Особистий внесок здобувача полягає в розробленні перспективних напрямів подальших досліджень урбосистем аналогічного типу. Постановка завдань роботи, визначення та дослідження ґрунтової мезофауни, обговорення отриманих

результатів та їх математико-статистична обробка проводились спільно з науковим керівником д.б.н. О.В. Жуковим, хіміко-фізичні дослідження основних компонентів урбосистеми – із к.х.н. О.О. Хромишевою. Права співавторів публікацій під час написання дисертації та автореферату не порушено.

Апробація результатів дисертації. Результати досліджень, основні положення та висновки дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на Міжнародних науково-практичних конференціях «Освіта, традиції, сучасність, перспективи» (Мелітополь, 2009, 2010); Міжнародних наукових Інтернет-конференціях (Мелітополь, 2009, 2010); Науково-практичній конференції студентів і викладачів Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького (Мелітополь, 2009); VI Міжнародній науково-методичній конференції «Культура здоров'я» (Херсон, 2010); VII Міжнародній науковій конференції «Фальцфейнівські читання» (Херсон, 2011); IX Міжнародній науково-практичній конференції «Валеологія: сучасний стан, напрями і перспективи розвитку» (Харків, 2011); III, IV Всеукраїнському з'їзді екологів з міжнародною участю (Вінниця, 2011, 2013); Міжнародній науковій конференції «Стратегічні питання світової науки» (Польща, 2012); Міжнародній науковій конференції «Становлення сучасної науки» (Чехія, 2012); IX Міжнародній науково-практичній конференції (Софія, 2013), XI Міжнародній науково-практичній конференції «Науковий простір Європи» (Польща, Перемишль, 2015), XI Міжнародній науково-практичній конференції «Ключові питання сучасної світової науки» (Болгарія, Софія, 2015), XI Міжнародній науково-практичній конференції «Ефективні інструменти сучасних наук» (Чехія, Прага, 2015), XI Міжнародній науково-практичній конференції «Передова наука» (Великобританія, Шеффілд, 2015), I Міжнародному екологічному Форумі «Екологічна стратегія сталого розвитку» (Калуга, 2015).

Публікації. За результатами дослідження опубліковано 22 наукові праці, у тому числі 8 статей, з яких 1 – у зарубіжних виданнях, що входять до міжнародної наукометричної бази даних Scopus, 1 – у виданнях України, які включено до міжнародних наукометричних баз, 6 – у наукових фахових виданнях України, 14 – матеріали доповідей конференцій, семінарів, з'їздів.

Структура та обсяг дисертації. Матеріали роботи викладено на 312 сторінках тексту комп'ютерного набору. Дисертація складається зі вступу, 6 розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Основний текст містить 194 сторінки, 34 таблиці, 66 рисунків. Список використаних джерел включає 350 найменувань, з них 77 – іншомовних.

Подяки. Автор щиро вдячна за допомогу, цінні поради та рекомендації, надані при виконанні роботи, члену-кореспонденту НАН України, доктору біологічних наук, професору А.П. Травлеєву; професору, доктору біологічних наук О.В. Жукову, професору, доктору біологічних наук О.В. Мацюрі; професору, доктору біологічних наук І. А. Мальцевій; доценту, кандидату хімічних наук О.О. Хромишевій; ст. викладачу Т.В. Зав'яловій.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ УРБОСИСТЕМ (аналітичний огляд літератури). У розділі проаналізовано сучасні концепції урбосистеми. Визначено роль структурно-функціональної організації для підтримання рівноваги взаємодії системи зі зовнішнім середовищем (Боголюбов, 2001; Голубець, 2010; Димань, 2009; Калабеков, 2003; Кожевiна, 2000; Кучерявий, 1999; Сает, 1983; Стольберг, 2000; Тетиор, 1999; Яницький, 1984 та ін.) та біологічних об'єктів в урбосистемі як індикаторів якості міського середовища. Особливу увагу акцентовано на методах ліхено-, малако- та біоіндикації, описані ключові принципи та перспективи біоіндикаційної оцінки території (Бязров, 2006; Волощинська, 2012; Ганжа, 2012; Довганич, 2012; Жицька, 2011; Кондратюк, 2006; Криволуцький, 1983; Лукашов, 2009; Матвеев, 2003; Павличенко, 2008; Розенберг, 1984; Руденко, 2002; Трас, 1984; Ходосовцев, 1999; Чернова, 2004; Nuhta, 2007; Kessler, 2006; Pokarzhevskii et al., 2003; Schooley, 2006 та ін.). Окреслено токсичний вплив різних забруднюючих речовин на живі організми та толерантність деяких видів-біоіндикаторів в умовах антропогенного навантаження (Бадтиев, 2006; Ганин, 1997; Єфремов, 2010; Пригожина, 2000; Rossi, 2001 та ін.). Обґрунтовано науково-практичні підходи для здійснення екотоксикологічної та біоіндикаційної оцінки впливу забруднення на стан урбосистеми.

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНИХ УМОВ ТА ОСНОВНИХ ДЖЕРЕЛ ЗАБРУДНЕННЯ МІСТА МЕЛІТОПОЛЬ. Подано відомості про рельєф, географічне розташування, гідрографічну мережу, клімат, ґрунти; наведено дані про основні джерела забруднення міста Мелітополь (Алексеев, 1972; Войлошникова и др., 1980; Ганжа, 2009; Другов, 2009; Вакуленко та ін., 1997; Крылов, 2011; Ловелиус и др., 1998; Маринич та ін., 2003; Михайлов, 1998; Крилов та ін., 2002; Руденко та ін., 2007; Олійник, 2006; Прохорова, 2006; Тюкова и др., 1994; Тютюнник, 1991; Хохлов та ін., 2011).

ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ. Експериментальна частина роботи виконувалася протягом 2008-2012 рр. у місті Мелітополь Запорізької області. Програмою досліджень передбачено проведення екотоксикологічної оцінки урбосистеми Мелітополя, біоіндикаційної оцінки показників життєвості епіфітної ліхенобіоти, прісноводних молюсків і ґрунтової мезофауни, визначення екологічного стану території міста (рис. 1). В основу дисертації покладено матеріали, зібрані під час польових досліджень в різних функціональних зонах міста Мелітополь. Було відібрано 1368 проб, з яких 540 – ґрунтово-зоологічних, 432 – для малакоіндикаційних, 396 – ліхеноіндикаційних досліджень.

Аналіз отриманих даних здійснювали відповідно до структурно-функціональної організації урбосистем (Калабеков, 2003), де структурними одиницями виступали адміністративно-територіальні райони міста. Функціональними одиницями слугували житлові масиви, промислові зони, рекреаційні території, зони, розташовані поряд з автошляхами.

Місцевим контрольним фоном були обрані умовно чисті території (Парпан, Довганич, 2009). Для екотоксикологічної оцінки стану функціональних зон розраховували показник комплексного забруднення атмосферного повітря (P_a), індекс комплексної оцінки якості поверхневих вод (P_e) та показник сумарного забруднення ґрунтів (Z_c). Результати екотоксикологічної оцінки порівнювали з показниками життєвості (G) епіфітної ліхенобіоти, гідробіонтів та мезопедобіонтів, які розраховували на основі критеріїв оцінки стану території за Бадтєвим (2007).

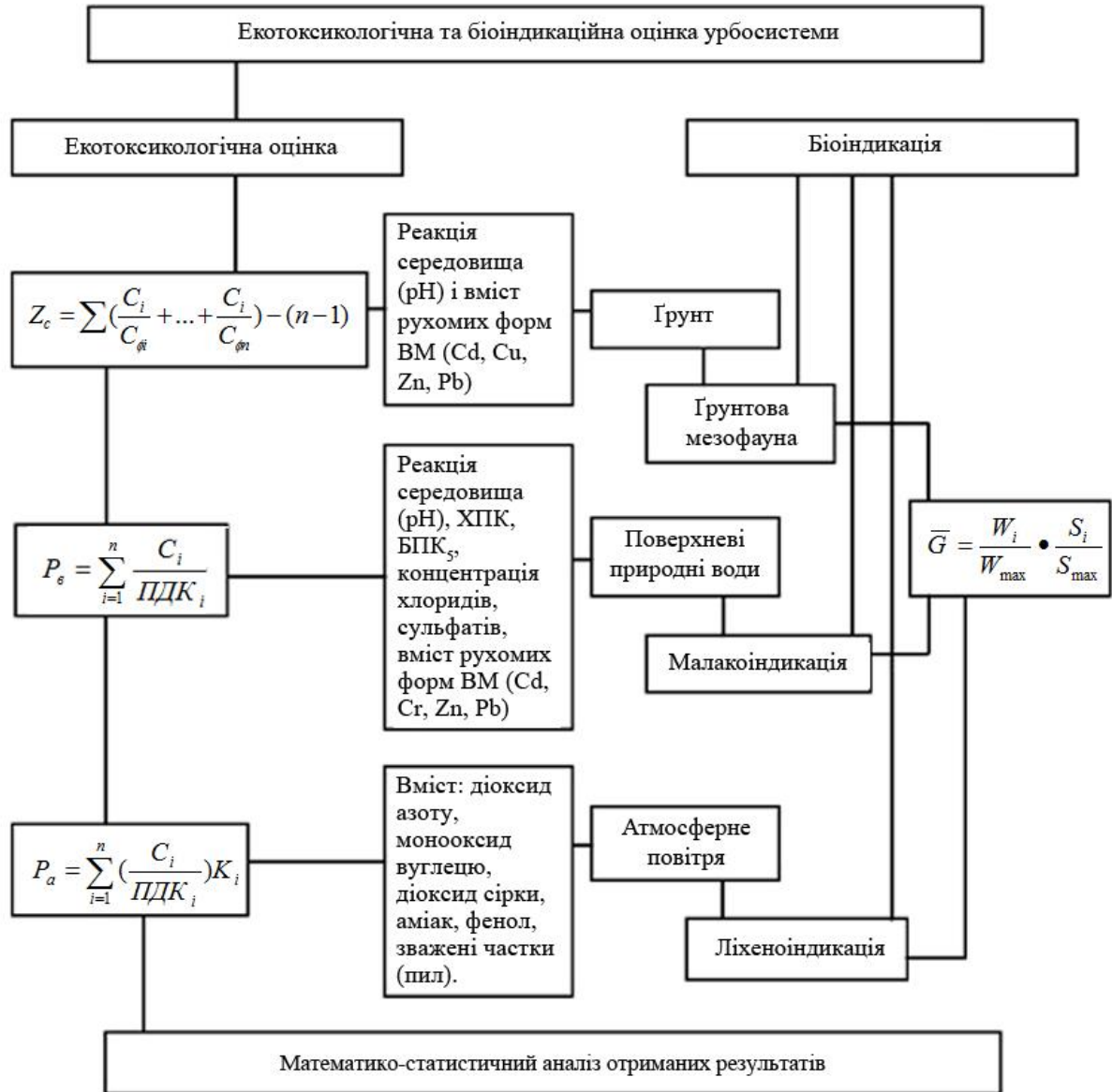


Рис. 1. Логічна блок-схема екотоксикологічної та біоіндикаційної оцінки урбосистем

Екотоксикологічна оцінка стану атмосферного повітря міста Мелітополь передбачала аналіз проб на вміст у ньому діоксиду азоту, монооксиду вуглецю, фенолу, діоксиду сірки, аміаку, пилу. Для відбору проб повітря і вимірювання концентрацій шкідливих речовин застосовували аспіратор М 822, аспіратор «Тайфун» Р-100 (Б), для аналізу вмісту монооксиду вуглецю – універсальний газоаналізатор «Паладій-3М» (ДСТУ ISO 9359:2003; РД 52.04.186-89).

Проби води відбирали уздовж русла річки Молочна, струмків Піщаний та Кізіярський. Перелік показників для вимірювання рівня забруднення поверхневих водотоків: сухий залишок; хімічне поглинання кисню або біхроматна окисність (ХПК); біохімічне поглинання кисню (БПК₅); концентрація хлоридів, сульфатів; вміст рухомих форм важких металів (Cd, Pb, Zn, Cr).

Відбір і аналіз проб проводили з урахуванням специфіки структурно-функціональної організації урбосистеми посезонно (навесні та восени) за стандартними методиками (Новіков та ін., 1990; ДСТУ ISO 5667-6:2009). рН – потенціометричним методом за допомогою рН-метра мілівольтметра рН-121 (іономір ЕВ 74). Для вимірювання концентрацій шкідливих речовин у воді застосовували атомно-абсорбційний спектрометр VARIAN AA240Z.

Зразки ґрунту відбирали з верхнього горизонту за загальноприйнятими методиками (Артюшин та ін., 1992; ДСТУ ISO 10381-2:2004). Визначали рН ґрунту та вміст рухомих форм важких металів з високою біологічною активністю (Cd, Pb, Zn, Cu). Кислотність визначали потенціометричним методом за допомогою рН-метра мілівольтметра рН-121 (іономір ЕВ 74). Уміст рухомих форм важких металів проводили методом атомно-абсорбційного спектрального аналізу з використанням спектрометра VARIAN AA240FS. Екстракцію рухомих форм важких металів здійснювали амонійно-ацетатним буферним розчином з рН 4,8.

Таксономічне визначення лишайників проводили за роботами А. Н. Окснера (2010) та С. Я. Кондратюка (1998; 2008), прісноводних моллюсків – за визначниками лабораторії малакології Державного природознавчого музею НАН України (Н. В. Гураль-Сверлова та ін., 2012). Наземних моллюсків визначали за Н. В. Гураль-Сверловою та Р. І. Гуралем (2012), дощових черв'яків – за Т.С. Всеволодовою-Перель (1997), багатоніжок – за Н.Т. Залеською та А. А. Шилейко (1991), хижих багатоніжок – за П. А. Стоєвим (2002), Н. Г. Чорним, С. І. Головачем (1993), мокриць – за К. Шмольцером (1965). Павуків визначали до рівня родини (Прокопенко та ін., 2010). Як картографічну основу використовували карту міста (Мелітополь, 2009). Розрахунки та графічне оформлення отриманих у роботі даних проводили з використанням програми Microsoft Excel і програмного пакету «STATISTICA – 6.0».

ЕКОМОРФІЧНА СТРУКТУРА ҐРУНТОВОЇ МЕЗОФАУНИ ЯК ІНДИКАТОР ЗАБРУДНЕННЯ ЕДАФОТОПІВ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ.

За показниками рН та вмісту рухомих форм важких металів у ґрунтах виявлено їх особливості залежно від функціональних зон міста. Фоновий вміст свинцю становив 0,1 ГДК, цинку – 0,2 ГДК, міді – 0,35 ГДК. Для кожної з функціональних зон був визначений водневий показник кислотності ґрунтів. Середні значення рН указують на слабкокисло, нейтральну і лужну реакцію ґрунтового розчину. Слабкокисло реакція ґрунтового розчину була зафіксована в рекреаційних зонах – Лісопарк (рН=5,30±0,25), Інститут зрошуваного садівництва (рН=5,28±0,29) та в районі житлового масиву на Новому Мелітополі (рН=5,32±0,29). Лужна – на територіях, розташованих уздовж автомагістралей: Бердянський міст (рН=7,97±0,42), Телецентр (рН=7,47±0,41) та у зонах промислових об'єктів – заводах МЗТГ (рН=7,69±0,34), «Автокольорлит» та МЕМЗ (рН=7,56±0,40).

В усіх пробах ґрунту урбосистеми Мелітополя виявлено перевищення фонових значень Рв. Найвищі показники свинцю зафіксовано вздовж транспортних магістралей (Південний переїзд та Бердянський міст – 2,7 ГДК), виробничих об'єктів («Автокольорлит» та МЕМЗ – 2 ГДК, «Рефма» – 2,1 ГДК, МЗТГ – 1,8 ГДК) та житлових масивів (Мікрорайон – 2 ГДК, Кізіярська балка – 2,1 ГДК). На рекреаційній території (Міський парк) показник знаходився на рівні фонового значення. Тенденція до зростання вмісту свинцю в поверхневому шарі ґрунту відмічена в районі житлових масивів. При цьому збільшення концентрації свинцю в пробах з території ряду промислових підприємств – незначне.

Аналіз умісту рухомих форм цинку в ґрунтах Мелітополя засвідчив їх значне перевищення в едафотобах функціональних зон промислових об'єктів («Рефма» – 3,2 ГДК, МЗТГ – 2,6 ГДК), житлового масиву (Кізіярська балка – 2,5 ГДК), автомагістралі (Бердянський міст – 2,7 ГДК). У зонах рекреаційного призначення (Міський парк та Інститут зрошувального садівництва) уміст цинку перевищував фонове значення в 1,2 та 1,3 раза відповідно.

Вміст міді значно перевищував ГДК у районі промислових об'єктів («Рефма» – 11,4 ГДК, «Автокольорлит» та МЕМЗ – 7 ГДК, МЗТГ – 4,6 ГДК), житлових масивів (Кізіярська балка, Піщане – 4,8 ГДК), автомагістралей (Південний Переїзд – 4,8 ГДК, Бердянський міст – 4,5 ГДК), зонах рекреаційного призначення (Інститут зрошувального садівництва – 4,0 ГДК). Водночас, в окремих функціональних зонах концентрація міді не перевищувала ГДК (Міський парк, Мікрорайон).

Уміст рухомих форм кадмію в ґрунтах перевищено в зонах промислових об'єктів (район заводів «Рефма» – 2 ГДК, МЗТГ – 2 ГДК, «Автокольорлит» та МЕМЗ – 2,3 ГДК). У зонах рекреаційного призначення (Інститут зрошувального садівництва, Міський парк) та житлових масивів (район готелю «Мелітополь», дачі на Новому Мелітополі) показники були в 2–3 рази вищими за фоновий рівень.

За зниженням сумарного показника забруднення Z_c досліджувані функціональні зони утворюють такий ряд: район заводу «Рефма» → район заводів «Автокольорлит» та МЕМЗ → район заводу МЗТГ → Бердянський міст → Кізіярська балка → Піщане → Південний переїзд → Інститут зрошувального садівництва → Мікрорайон → Телецентр → Авіамістечко → район готелю «Мелітополь» → район дач на Новому Мелітополі → Міський парк.

Біоіндикаційна оцінка екологічного стану ґрунтів урбосистеми здійснена за показником життєвості мезопедобіонтів, які, залежно від чутливості до поллютантів (важких металів), складають таку послідовність: багатоніжки → павукоподібні → моллюски → дощові черв'яки → мокриці (від найменш до найбільш чутливих). Крім чутливості угруповань мезопедобіонтів до сумарного індексу забруднення ґрунту, враховували цено-, гігро-, топо-, трофо-, трофоцено- і форморфічний склад ґрунтових безхребетних.

За результатами біоіндикаційної оцінки урбосистеми Мелітополя були визначені функціональні зони з різним екологічним станом території (табл. 1). Сприятливий екологічний стан території відмічений у функціональній зоні рекреаційного об'єкта Лісопарк. Зниження показника життєвості безхребетних тварин \bar{G} у даній функціональній зоні становило 9 %.

Напружений екологічний стан території за показником життєвості мезопедобіонтів був зафіксований на території рекреаційних зон – Міський парк (\bar{G} – 24 %) та Інститут зрошуваного садівництва (\bar{G} – 25 %), а також житлових масивів – Мікрорайон (\bar{G} – 22 %) та Район дач на Новому Мелітополі (\bar{G} – 24 %).

Таблиця 1

Біоіндикаційні оцінки ґрунтового покриття міста Мелітополь

Функціональна зона*	Сумарний показник рівня забруднення ґрунтів, Z_c	Категорія забруднення ґрунтів	Показник життєвості мезопедобіонтів	Екологічний стан території
РЗР	122,90±3,28	Небезпечна	0,23±0,07	Катастрофічний
КБ	45,69±0,84	Небезпечна	0,09±0,02	Катастрофічний
РЗМ	101,95±3,32	Небезпечна	0,05±0,01	Катастрофічний
МН	16,07±0,33	Допустима	0,78±0,14	Напружений
РЗАМ	107,81±2,65	Небезпечна	0,10±0,03	Катастрофічний
ІЗС	12,75±0,22	Допустима	0,75±0,12	Напружений
МП	3,68±0,08	Допустима	0,76±0,14	Напружений
РГМ	8,48±0,23	Допустима	0,50±0,09	Критичний
РДНМ	6,29±0,38	Допустима	0,76±0,12	Напружений
ТЦ	15,92±0,30	Допустима	0,68±0,11	Критичний
ПП	31,46±0,68	Помірно небезпечна	0,27±0,05	Кризовий
БМ	70,28±1,07	Небезпечна	0,32±0,07	Кризовий
ПЩ	32,07±0,86	Помірно небезпечна	0,42±0,11	Кризовий
АМ	10,14±0,20	Допустима	0,60±0,10	Критичний
ЛС	1,97±0,56	Допустима	0,91±0,17	Сприятливий

*Тут і далі: житлові масиви (КБ – Кізіярска балка; МН – Мікрорайон; РГМ (Центр міста) – район готелю «Мелітополь»; РДНМ – район дач на Новому Мелітополі; ПЩ – Піщане; АМ – Авіамістечко); промислові зони (РЗР – район заводу «Рефма»; РЗМ – район заводу МЗТГ; РЗАМ – район заводів «Автокольорлит» на МЕМЗ); зони транспортних мереж (ТЦ – Телецентр; ПП – Південний переїзд; БМ – Бердянський міст); рекреаційні території (МП – Міський парк; ІЗС – сквер Інституту зрошуваного садівництва; ЛС – Лісопарк).

Території з критичним екологічним станом охоплювали функціональні зони житлових масивів (Центр міста, Авіамістечко) та автомагістралі (Телецентр). Зниження показника життєвості ґрунтової мезофауни в Центрі міста становило \bar{G} – 50 %, в районі Авіамістечка \bar{G} – 40 %, а в Телецентрі \bar{G} – 32 %.

Екологічний стан територій як кризовий зафіксований у функціональних зонах житлового масиву Піщане (\bar{G} – 58 %) та автомагістралей – Бердянський міст (\bar{G} – 68 %) та Південний переїзд (\bar{G} – 73 %).

За результатами біоіндикаційної оцінки урбосистеми визначені чотири функціональні зони з катастрофічним екологічним станом території. Серед них – райони промислових об'єктів (заводи «Рефма», «Автокольорлит», МЗТГ) та житловий масив Кізіяр. Майже в усіх вказаних функціональних зонах зниження показника життєвості мезофауни перевищувало 90 %.

Екотоксикологічний і біоіндикаційний стан ґрунтів урбосистеми Мелітополя оцінювали за допомогою методу кластерного аналізу (рис. 2).

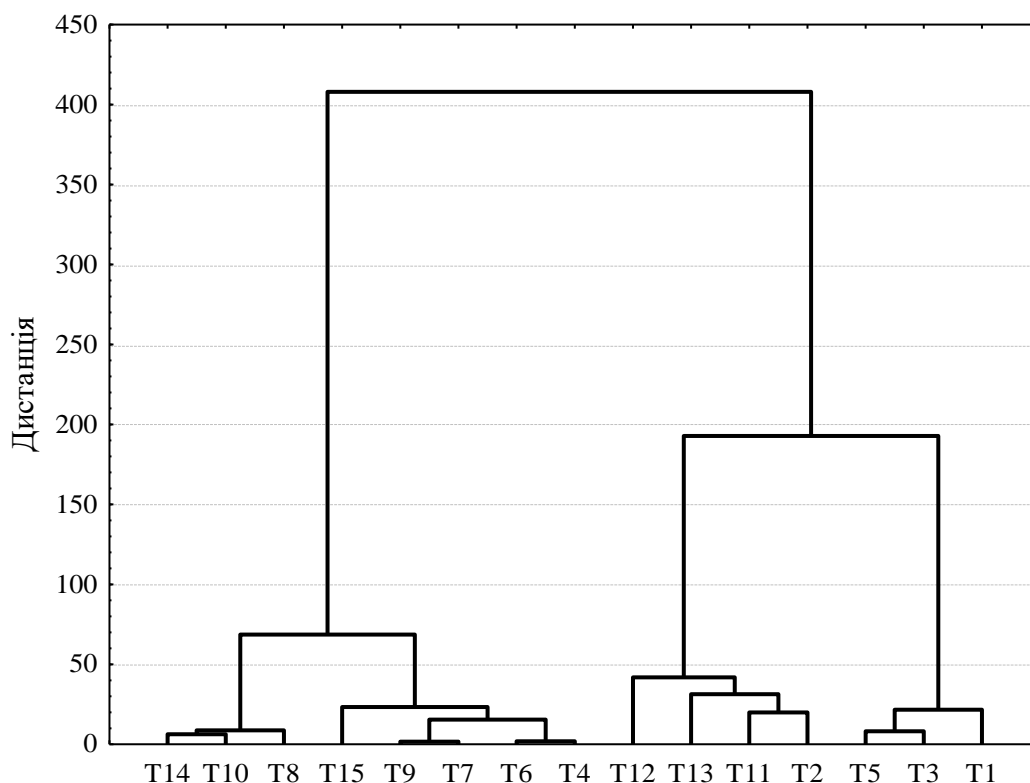


Рис. 2. Результати кластерного аналізу даних за забрудненням ґрунтового покриття за 2008–2012 рр. (дистанція Евкліда, метод Варда)

На підставі отриманих даних функціональні зони міста можна умовно розділити на дві групи, які різко відрізняються за рівнем забруднення. Першу – з небезпечним і помірно небезпечним рівнем забруднення, до якої входять ділянки Т-1, Т-3, Т-5 і Т-2, Т-11, Т-12, Т-13 відповідно. Ґрунт даних функціональних зон забруднений, і екологічний стан території може бути охарактеризований як катастрофічний та кризовий. Катастрофічний стан території відмічений і в зонах промислових об'єктів – «Рефма», МЗТГ, «Автокольорлит» та МЕМЗ, а також житлового масиву Кізіяр. Кризовий – поруч з автомагістралями (Південний Переїзд, Бердянський міст) та житловим масивом Піщане. До другої групи відносяться функціональні зони з допустимим рівнем забруднення ґрунтового покриття (Т-4, Т-6, Т-7, Т-9, Т-15 і Т-8, Т-10, Т-14). Даний кластер включає рекреаційні зони та території житлових масивів. Критичний екологічний стан території зафіксовано в районі житлових масивів Т-8 (Центр міста), Т-14 (Авіамістечко) і приавтомагістральної території Т-10 (Телецентр). Напружений екологічний стан території відмічено в районі житлових масивів Т-4 (Мікрорайон), Т-9 (район дач на Новому Мелітополі), рекреаційних територій Т-6 (Інститут зрошуваного садівництва), Т-7 (Міський парк). Сприятливий екологічний стан відрізняє територію Лісопарку, де зниження показника життєвості ґрунтової мезофауни – найменше.

За результатами комплексних екотоксикологічних та біоіндикаційних досліджень виділено декілька зон з різним ступенем забруднення ґрунтів. Незважаючи на те, що виробництво на багатьох підприємствах міста значно скоротилося, забруднення міських ґрунтів залишається досить високим. Серед житлових масивів інтенсивно забрудненими є Кізіяр та Піщане.

ЕКОТОКСИКОЛОГІЧНА ТА БІОІНДИКАЦІЙНА ОЦІНКА СТАНУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД МІСТА МЕЛІТОПОЛЬ. Для екотоксикологічної оцінки рівня забруднення поверхневих водотоків (струмок Піщаний, струмок Кізіярський і річка Молочна) виділено 9 зон з різним функціональним призначенням. У кожній з них було визначено індекс забруднення вод, який розраховували за такими показниками: хімічне поглинання кисню (ХПК), сухий залишок, біохімічне поглинання кисню (БПК₅), концентрація хлоридів і сульфатів, уміст рухомих форм важких металів.

У зонах промислових об'єктів (МЗТГ, «Рефма») сухий залишок перевищує ГДК в 1,4 раза, що зумовлено стоками цих підприємств і підвищеним рівнем дефляції. Показники ХПК та БПК₅ не перевищують критичні рівні забруднення та статистично вірогідно корелюють між собою ($r = 0,46$; $p = 0,00$). Показник умісту сульфатів перевищує критичні рівні забруднення у 1,29–2,44 раза, хлоридів – у 1,00–1,87 раза, свинцю – від 0,04 до 4,14 (тільки в 9,5 % випадків концентрація менше ГДК), кадмію – від 0,79 до 3,33 ГДК (тільки в 19,4 % випадків концентрація кадмію менша, ніж ГДК). У поверхневих водах міста Мелітополь вміст цинку та хрому не перевищує ГДК.

За показником P_e до найбільш забруднених відносяться водотоки промислових об'єктів – заводу МЗТГ ($P_e=10$) та «Рефма» ($P_e=15,9$), до найменш забруднених – територія житлового масиву Авіамістечка ($P_e=3,2$). За ступенем індексу забруднення вод природні води в цих функціональних зонах відповідають 6 (дуже брудні), 7 (надзвичайно брудні) та 4 (забруднені) класам. До 5 класу (брудні) належать всі інші водні об'єкти, розташовані в зонах різного функціонального призначення. Показник P_e коливався від 4,2 до 5,6. За збільшенням індексу забруднення поверхневих водотоків функціональні зони 5 класу утворюють такий ряд: Новий Мелітополь (житловий масив) → Піщане (житловий масив) → Телецентр (автомагістраль) → Кізіяр (житловий масив) → Піщане (місце впадіння у р. Молочна) → Лісопарк (рекреаційна зона). Екотоксикологічна оцінка водних об'єктів урбосистеми Мелітополя свідчить про їх несприятливий стан.

За результатами малакоіндикації урбосистеми Мелітополя були встановлені функціональні зони з напруженим, кризовим та катастрофічним екологічним станом поверхневих вод (табл. 2).

Таблиця 2

Результати малакоіндикації поверхневих вод (2008–2012 рр.)

Функціональна зона	Індекс забруднення вод P_e	Клас забруднення	Зниження показника життєвості \bar{G} , %	Екологічний стан території
ЛС	5,6	5	67	Кризовий
РЗР	15,9	7	24	Напружений
ПЩж	4,3	5	72	Кризовий
АМ	3,2	4	96	Катастрофічний
РДНМ	4,2	5	95	Катастрофічний
РЗМ	10	6	100	Катастрофічний
ТЦ	4,52	5	100	Катастрофічний
ПЩа	4,96	5	93	Катастрофічний
КБ	4,75	5	100	Катастрофічний

Напружений екологічний стан ріки Молочна відмічений у функціональній зоні виробничого об'єкта «Рефма». Зниження показника життєвості прісноводних молюсків \bar{G} у даній функціональній зоні становило 24 %. На обстеженій ділянці зустрічалися всі групи гідробіонтів, залежно від їх чутливості до забруднення води.

Кризовий екологічний стан водних об'єктів за показником зниження життєвості гідробіонтів був зафіксований на території рекреаційної зони Лісопарк (\bar{G} – 67 %) та житлового масиву Піщане (\bar{G} – 72 %), де зустрілися тільки представники β -мезосапробної малакофауни (*Lymnaea stagnalis*, *Viviparus viviparus*).

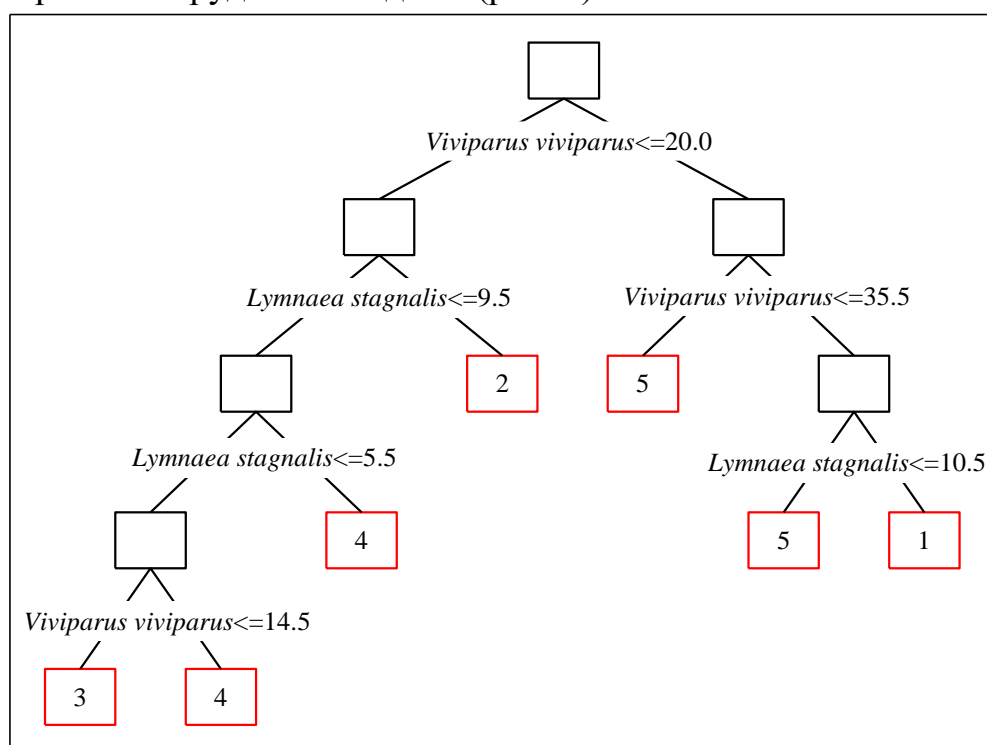
На всіх інших ділянках спостерігався катастрофічний екологічний стан поверхневих вод за даними малакоіндикації. Зниження показника життєвості прісноводних молюсків зареєстровано: в районах Піщаного \bar{G} – 93 %, Нового Мелітополя (житловий масив) \bar{G} – 95 %, Авіамістечка (житловий масив) \bar{G} – 96 %. У функціональних зонах Телецентр (автомагістраль), МЗТГ (промисловий об'єкт), Кізіяр (житловий масив) досліджуваних груп молюсків не виявлено.

Таким чином, малакоіндикаційна оцінка за зниженням показника життєвості прісноводних молюсків свідчить про переважання функціональних зон з кризовим та катастрофічним екологічним станом поверхневих водойм міста.

Індикаторні види молюсків – *Lymnaea stagnalis* та *Viviparus viviparus* – віддзеркалюють токсичний вплив двох формально незалежних аспектів забруднення водного середовища – загальним забрудненням, яке пов'язане з цинком і свинцем, та його частиною, яка пов'язана з кадмієм і хромом. Прямий градієнтний аналіз указує на те, що оптимум рН для молюска *Lymnaea stagnalis* становить 7,6–7,7, а для *Viviparus viviparus* – 7,8–8. Відхилення від зони оптимуму рН підсилює токсичний ефект важких металів.

Проведений аналіз дозволив побудувати класифікаційне дерево для біологічної діагностики рівнів забруднення водойм (рис. 3).

Рис. 3.
Класифікаційне
дерево для
біологічної
діагностики
рівнів
забруднення
водойм
м. Мелітополь.
Точки прийняття
рішень
зазначають
чисельність
молюсків, екз./м²



На основі біодіагностичної класифікації можна встановити п'ять класів забруднення вод (Найбільше забруднення → Забруднення → Помірне забруднення → Слабке забруднення → Умовно чистий біотоп) та провести інтегральну біоіндикаційну оцінку екологічного стану водного середовища (табл. 3).

Таблиця 3

Біоіндикаційна класифікаційна матриця біотопів за класами забруднення, %

Функціональна зона	Клас				
	найбільше забруднення	забруднення	помірне забруднення	слабке забруднення	умовно чисте
	Кластер				
	3	1	5	4	2
АМ	-	-	-	-	100,00
КБ	-	33,34	22,22	-	44,44
ЛС	-	88,89	11,11	-	-
ПЩа	55,56	-	-	44,44	-
ПЩж	-	55,56	44,44	-	-
РДНМ	11,11	-	11,11	-	77,78
РЗМ	100,00	-	-	-	-
РЗР	33,34	11,11	44,44	11,11	-
ТЦ	-	-	-	-	100,00

Таким чином, лише окремі біотопи регулярно можуть бути віднесені до одного біоіндикаційного класу забруднення водного середовища. Це стосується району заводу МЗТГ (промислова зона) – 100 % випадків індифіковано як найбільше забруднення, а також Авіамістечка (житловий масив) – 100 % випадків індифіковано як умовно чистий біотоп.

Варіабельність режиму забруднення та процеси відновлення біотичної цілісності бентичних систем призводять до певних біоіндикаційних розподілів оцінок забруднення, що само по собі також є важливим джерелом інформації про рівень забруднення середовища. Так, зона Лісопарку індифікована як перехідна між забрудненою та з помірним рівнем забруднення, тоді як водотоки в зоні заводу «Рефма» демонструють діапазон рівнів забруднення від найбільшого до слабкого.

ЛІХЕНОБІОТА УРБОСИСТЕМИ ЯК ІНДИКАТОР СТАНУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ МІСТА МЕЛІТОПОЛЬ. За досліджуваний період вагомий внесок у забруднення функціональних зон внесли діоксид сірки, діоксид азоту та зважені частки. Значне перевищення ГДК за даними показниками спостерігалось в районі житлового масиву Кізіяр та заводу «Рефма». Так, концентрація діоксиду азоту у функціональній зоні Кізіяр в 2012 році становила 2,4 ГДК, діоксиду сірки – 3,8 ГДК, фенолу – 5,2 ГДК, зважених часток – 4,1 ГДК. У районі промислового об'єкта «Рефма» – діоксид азоту (3 ГДК), фенол (3,3 ГДК), діоксид сірки (3,4 ГДК) та зважені частки (4,2 ГДК). За зниженням комплексного індексу аеротехногенного забруднення P_a досліджувані функціональні зони утворюють такий ряд: Кізіяр → район заводу «Рефма» → Піщане → Новий

Мелітополь (район заводу МЗТГ) → Мікрорайон → Новий Мелітополь (житловий масив) → Південний переїзд → Телецентр → Авіамістечко → Центр (міський парк) → Лісопарк. Серед видів епіфітної ліхенобіоти, яка зустрічалася на території міста Мелітополь, переважали листуваті та накипні види. Зокрема, *Xanthoria parietina*, *Physcia adscendens*, *Physcia Stellaris*, *Scoliciosporum chlorococcum*, *Hypogymnia physodes*. Причому епіфіти віддавали перевагу евтрофним субстратам, багатим на мінеральні елементи живлення та зафіксовані на корі форофітів. Представники кущистої ліхенобіоти (*Ramalina fraxinea* і *Evernia Prunastri*), а також листуваті лишайники, характерні для помірно забруднених територій урбосистем (*Parmelia sulcata*, *Pleurosticta acetabulum*, *Hypogymnia physodes*), відмічені у функціональних зонах рекреаційних об'єктів. На всіх ділянках спостерігалось помітне збільшення видів, стійких до аеротехногенного забруднення – *Physcia stellaris*, *Scoliciosporum chlorococcum*, *Xanthoria parietina*.

На основі комплексного індексу забруднення атмосферного повітря (P_a) та показника життєвості епіфітної ліхенобіоти (G) виділені зони з різним екологічним станом території. Кризовий екологічний стан території зафіксовано в районі зони промислового об'єкта «Рефма» ($G_n - 8\%$) та житлового масиву Кізіяр ($G_n - 9\%$) (табл. 4).

Таблиця 4

Дані ліхеноіндикації атмосферного повітря в місті Мелітополь

Функціональна зона	Середньорічний індекс P_a	Показник G , %	Клас забруднення повітря	Екологічний стан території
АМ	7,81±0,22	45,05±4,12	2	Задовільний
КБ	15,99±0,86	9,35±1,54	4	Кризовий
ЛС	6,86±0,24	80,75±6,29	2	Сприятливий
МН	10,67±0,54	26,41±3,03	3	Критичний
МП	7,83±0,18	48,95±6,02	2	Задовільний
ПП	10,87±0,44	35,75±1,65	2	Задовільний
ПЦ	14,12±0,63	12,14±1,40	3	Критичний
РДНМ	11,40±0,38	30,96±4,20	3	Критичний
РЗМ	12,81±0,28	19,78±3,45	3	Критичний
РЗР	15,72±0,83	8,82±2,22	4	Кризовий
ТЦ	10,73±0,27	14,02±4,94	2	Задовільний

Функціональні зони житлових масивів Новий Мелітополь, Мікрорайон і Піщане та промислового об'єкта МЗТГ – до територій з критичним екологічним станом. За зниженням показника життєвості епіфітної накипної ліхенобіоти досліджувані ділянки утворюють такий ряд: Новий Мелітополь → Мікрорайон → МЗТГ → Піщане. Задовільний екологічний стан території є характерним для зон з різним функціональним призначенням. Найбільше значення показника життєвості листуватої ліхенобіоти зафіксоване на території рекреаційної зони міського парку ($G_n - 48\%$), найменше – автомагістралі в районі Телецентр ($G_n - 14\%$). Задовільний екологічний стан був також відмічений на території промислової зони Південний переїзд ($G_n - 35\%$) та житлового масиву Авіамістечка ($G_n - 45\%$).

Для рекреаційної зони Лісопарк є характерним сприятливий екологічний стан території. Ліхенобіота зони представлена найчутливішими до атмосферного забруднення видами куцистих та листуватих лишайників ($G_n = 80\%$).

Екотоксикологічну і біоіндикаційну оцінку стану атмосфери міста визначили за допомогою кластерного аналізу (рис. 4).

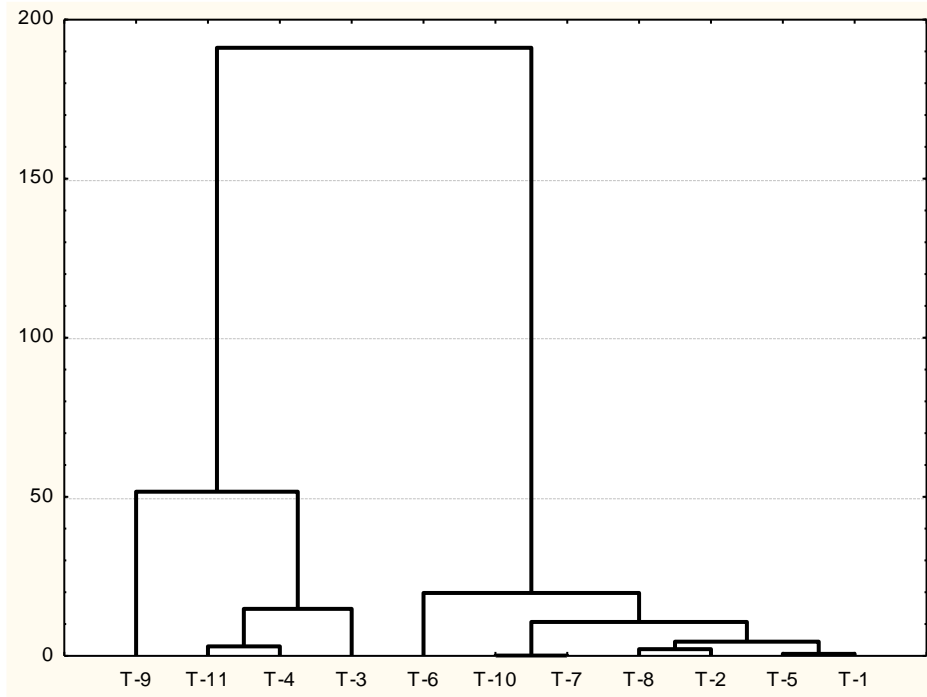


Рис. 4. Результати кластерного аналізу даних по забрудненню атмосферного повітря, 2008-2012 рр. (дистанція Евкліда, метод Варда)

Відносно сприятливі умови виявлені на території рекреаційних зон (Т-11, Т-9), житлового масиву (Т-4) і промзони (Т-3). Сприятливий екологічний стан зафіксовано в рекреаційній зоні Лісопарку (Т-9), тоді як у парку ім. Горького (Т-11), в Авіамістечку (Т-4) та Південному переїзді (Т-3) екологічний стан території оцінено як задовільний. До групи екологічно несприятливих районів віднесено функціональні зони Т-1, Т-2, Т-5, Т-7, Т-8, Т-10. Критичний стан атмосферного повітря зафіксовано в районі житлових масивів Нового Мелітополя (Т-1) і Мікрорайону (Т-5), а також на території промзони Нового Мелітополя (Т-2) та житлового масиву Піщане (Т-8).

Найменш сприятливі умови відзначені в районі промзони «Рефма» (Т-10) та житлового масиву Кізіяр (Т-7). Екологічний стан території зон визначений як кризовий. У функціональній зоні Телецентр (Т-6) екологічний стан території характеризується як задовільний. За результатами кластерного аналізу виявлено, що якість повітря в районах житлових масивів (наприклад Новий Мелітополь, Піщане) не суттєво відрізняється від районів, де розташовані промислові підприємства і автомагістралі. Екологічний стан цих територій оцінюється як критичний.

ВИСНОВКИ

1. На основі комплексу екотоксикологічних та біоіндикаційних досліджень, що передбачали визначення показників життєвості епіфітної ліхенобіоти, ґрунтової мезофауни та прісноводної малакофауни проведено оцінювання екологічного стану урбосистеми м. Мелітополь.
2. За показниками рН та вмістом рухомих форм важких металів виявлено відмінності ґрунтів у різних функціональних зонах. За зниженням сумарного показника забруднення Z_c функціональні зони м. Мелітополь утворюють такий ряд: район заводу «Рефма» → район заводів «Автокольорлит» та МЕМЗ → район заводу МЗТГ → Бердянський міст → Кізіярська балка → Піщане → Південний переїзд → Інститут зрошуваного садівництва → Мікрорайон → Телецентр → Авіамістечко → район готелю «Мелітополь» → район дач на Новому Мелітополі → Міський парк.
3. Встановлено тісну пряму кореляцію між показником життєвості ґрунтової мезофауни та сумарним показником рівня забруднення ґрунтів ($r = 0,84$; $p < 0,05$). Визначено функціональні зони з катастрофічним (заводи «Рефма», «Автокольорлит», МЗТГ, Кізіяр), сприятливим (Лісопарк), напруженим (Міський парк та Інститут зрошуваного садівництва, Мікрорайон та Новий Мелітополь), критичним (Центр міста, Авіамістечко, Телецентр) та кризовим (Піщане, Бердянський міст, Південний переїзд) екологічним станом території на основі екоморфічних особливостей угруповань мезопедобіонтів.
4. Доведено, що в антропогенно змінених ділянках зростає заселеність зоофагами, спостерігається гомогенізація ценоморфічного складу основних груп мезопедобіонтів з домінуванням окремих видів. У лужних ґрунтах відмічене переважання кальцефілів – багатоніжок, мокриць, червоногих молюсків, що дозволяє використовувати їх для індикації рівня алкалізації ґрунтів.
5. Екотоксикологічна оцінка рівня забруднення поверхневих водойм свідчить про їх несприятливий стан (5 клас – забруднені). Основними поллютантами виступають розчинені тверді речовини (сухий залишок), сульфати, хлориди, рухомі форми важких металів – свинцю, цинку, хрому та кадмію, що зумовлено стоками основних підприємств і підвищеним рівнем дефляції. За показником P_v до найбільш забруднених відносяться водойми промислових об'єктів – заводу МЗТГ ($P_v=10$) та «Рефма» ($P_v=15,9$), до найменш забруднених – на території житлового масиву Авіамістечка ($P_v=3,2$).
6. Встановлено функціональні зони з напруженим («Рефма», $\bar{G}=24\%$), кризовим (Лісопарк, $\bar{G}=67\%$, Піщане, $\bar{G}=72\%$) та катастрофічним (Новий Мелітополь, $\bar{G}=95\%$; Авіамістечко, $\bar{G}=96\%$) екологічним станом поверхневих вод за показником життєвості малакофауни. Відмічене переважання функціональних зон з кризовим та катастрофічним екологічним станом водойм.
7. Основними аерополлютантами функціональних зон міста є діоксид сірки, діоксид азоту та зважені частки. Найбільш забрудненими функціональними зонами за індексом P_a виявилися території промислового об'єкта «Рефма» ($P_a=18,6$) та житлового масиву Кізіяр ($P_a=18,8$), найменш – рекреаційної зони Лісопарк ($P_a=7,5$). За зниженням комплексного індексу аеротехногенного забруднення P_a досліджувані функціональні зони утворюють такий ряд: Кізіяр → район заводу «Рефма» →

Піщане → Новий Мелітополь (район заводу МЗТГ) → Мікрорайон → Новий Мелітополь (житловий масив) → Південний переїзд → Телецентр → Авіамістечко → Центр (міський парк) → Лісопарк.

8. Виділено зони з різним екологічним станом території на основі життєвості епіфітної ліхенобіоти. Кризовий екологічний стан зафіксовано в районі «Рефма» ($G_n=8\%$), Кізіяр ($G_n=9\%$), критичний – Новий Мелітополь ($G_n=30\%$), Мікрорайон ($G_n=26\%$), Піщане ($G_n=12\%$) та МЗТГ ($G_n=19\%$), задовільний – Міський парк ($G_n=48\%$), Південний переїзд ($G_n=35\%$), Авіамістечко ($G_n=45\%$), Телецентр ($G_n=14\%$), сприятливий – Лісопарк ($G_n=80\%$). Встановлено тісну обернену кореляцію між показником життєвості епіфітів та комплексним індексом аеротехногенного забруднення ($r = -0,80$; $p < 0,05$).

НАУКОВІ ПРАЦІ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз

1. **Yorkina N.V.** Impact of technogenic pollution of urban environment on indicators of vitality of urban biota (mollusk fauna, soil mesofauna, epiphytic lichens) / Moscow University Biological Sciences Bulletin. *Seriya 16. Biologiya*. 2016;(3):73-80. Видання зареєстровано в міжнародних наукометричних базах Scopus, RSCI, Google Scholar, CAB International, Academic OneFile, CAB Abstracts, Gale, Global Health, Health Reference Center Academic, OCLC и Summon by Serial Solutions.

2. **Їркина Н.В.** Почвы как репрезентативный компонент экологического мониторинга урбосистемы / Н.В. Їркина // Біологічний вісник МДПУ. – 2011. – № 3. – С. 6–12.

Статті в наукових фахових виданнях, які входять до переліку МОН України

3. **Їркина Н.В.** Экогенетические факторы формирования интеллекта человека в процессе взаимодействия генотипа и среды // Природничий альманах: Зб. наукових праць. Фальцфейнівські читання – Херсон: ПП Вишемирський, 2009. – С. 110–115.

4. **Йоркіна Н.В.** Домінуючі тенденції сучасних концепцій урбосистеми / Н.В. Йоркіна // Питання біоіндикації та екології: періодичне наукове видання. – Запоріжжя, 2011. – Вип. 15, № 2. – С. 39–50.

5. **Йоркіна Н.В.** Антропогенна трансформація урбосистеми (на прикладі м. Мелітополя) / Н.В. Йоркіна // Ґрунтознавство. – Дніпропетровськ, 2011. № 1–2. – С. 107–111.

6. **Їркина Н.В.** Здоровье населения в контексте экологического мониторинга воздушной среды урбосистемы / Н.В. Їркина // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. – Симферополь, 2012. – Т. 26 (64). - № 1. – С. 75–83.

7. **Йоркіна Н.В.** Прісноводні молюски як біоіндикатори якості поверхневих вод урбосистеми міста Мелітополя / Н.В. Йоркіна // Питання біоіндикації та екології: періодичне наукове видання. – Запоріжжя, 2013. – Вип. 18. – 174–179.

8. **Їркина Н.В.** Лихеноиндикация степени аэротехногенного загрязнения урбозкосистемы города Мелитополя / Н.В. Їркина // Природничий альманах. Біологічні науки. – Вип. 19. – Херсон: Тімекс, 2013. – С. 101–112.

Тези та матеріали конференцій

9. **Їркина Н.В.** Структурно-функциональная организация урбосистемы Мелитополя в контексте её влияния на здоровье населения / Н.В. Їркина // Збірник наукових праць. Культура здоров'я. – Херсон: ПП Вишемирський, 2010. – С. 55-57.

10. **Їркина Н.В.** Системный подход в процессе организации экологического мониторинга городской территории / Н.В. Їркина : матеріали VI Міжнародної наукової Інтернет-конференції. – Мелітополь: МДПУ ім.Б. Хмельницького, 2010. – С. 84-85.

11. **Йоркіна Н.В.** Комплексний екологічний моніторинг і принципи його організації в урбосистемі / Н.В. Йоркіна : матеріали VII Міжнародної наукової конференції «Фальцфейнівські читання». – Херсон: ПП Вишемирський, 2011. – С. 51-52.

12. **Йоркіна Н.В.** Комплексний екологічний моніторинг урбосистеми Мелітополя та здоров'я населення міста / Н.В. Йоркіна : матеріали III-го Всеукраїнського з'їзду екологів з міжнародною участю. Том 1. – Вінниця: ВНТУ, 2011. – С. 191-193.
13. **Йоркіна Н.В.** До проблеми впливу екологічних чинників на популяційне здоров'я населення урбанізованих територій / Н.В. Йоркіна : матеріали IX Міжнародної науково-практичної конференції «Валеологія: сучасний стан, напрями та перспективи розвитку». Том 2. – Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2011. – С. 23-25.
14. **Yorkina N.V.** Public health as a component of an integrated environmental monitoring of urban system / N.V. Yorkina : materials of the VIII International Scientific Conference "Strategic issues of world science", Poland, 2012. - V. 26. - P. 57-59.
15. **Yorkina N.V.** On the issue of integrated environmental monitoring of the Melitopol urban system / N.V. Yorkina : materials of the VIII International Scientific Conference "The Formation of Modern Science". – Czech Republic, 2012. – V. 15. – P. 57-59.
16. **Ёркина Н.В.** Биоиндикационная оценка качества поверхностных вод урбосистемы города Мелитополя / Н.В. Ёркина, Е.А. Хромышева : материалы VIII Международной научно-практической конференции «Образование и наука без границ». – Польша, 2012. – Т. 32. – С. 3-4. *(Дисертацією здійснені біоіндикаційні дослідження і камеральна обробка матеріала, підготовлена рукопись статті)*
17. **Yorkina N.V.** Soil mesofauna as bioindicators of edafotops of the Melitopol urban system / N.V. Yorkina : materials of the IX International Scientific Conference "Basic questions of Modern Science". – Sofia, 2013. – Vol. 29. – P. 64-67.
18. **Ёркина Н.В.** Урбоэкологические особенности воздействия факторов среды на состояние здоровья населения города Мелитополя / Н.В. Ёркина, Е.Б. Черняк : материалы IX научно-практической конференции. – София, 2013. – Т. 31. – С. 60-61. *(Дисертацією здійснений медико-статистических даних, підготовлена рукопись статті)*
19. **Йоркіна Н.В.** Ліхеноіндикаційна оцінка ступеню забруднення атмосферного повітря урбоекосистеми Мелітополя / Н.В. Йоркіна : матеріали IV-го Всеукраїнського з'їзду екологів з міжнародною участю. – Вінниця: ДЛЮ, 2013. – С. 241-244.
20. **Yorkina N.V.** Environmental and chemical assessment of surface waters of Melitopol / N.V. Yorkina : materials of the International scientific and practical conference "The basic issues of the modern world of science." - Bulgaria, 2015. – V.16. – P.17-19.
21. **Yorkina N.V.** Ecological and chemical assessment of air of Melitopol / N.V. Yorkina : materials of the XI International scientific and practical conference "Effective tools of modern science." – Czech Republic, 2015. – V.18. – P. 76-77.
22. **Yorkina N.V.** Assessment of edafotops in terms of vitality of soil mesofauna / N.V. Yorkina : materials of the XI International scientific and practical conference "Cutting-edge science". – Sheffield, 2015. – V. 25. – P. 60-62.

АНОТАЦІЯ

Йоркіна Н.В. Екотоксикологічна та біоіндикаційна оцінка стану урбосистеми міста Мелітополь. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 03.00.16 – «Екологія». – Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького, Мелітополь, 2017.

У дисертації представлені результати екотоксикологічної та біоіндикаційної оцінок стану навколишнього середовища і біоти урбосистеми Мелітополя. Встановлено, що на антропогенно змінених ділянках підвищується кількість зоофагів, спостерігається гомогенізація ценоморфного складу основних груп

мезопедобіонтов з домінуванням окремих видів. У лужних ґрунтах функціональних зон урбосистеми відзначено переважання кальцефілів – багатоніжок, мокриць, черевоногих моллюсків, що дозволяє використовувати їх для індикації рівня алкалізації ґрунтів. Як індикатори стану поверхневих водойм міста Мелітополя були обрані – *L. stagnalis* і *V. viviparus*. Індикаторні види β -мезосапробної малакофауни відображають токсичний вплив іонів цинку, свинцю, кадмію та хрому.

На основі показників життєвості епіфітних лишайників у різних функціональних зонах міста Мелітополь визначено ділянки з різним ступенем забруднення атмосферного повітря. Порівняльний аналіз екотоксикологічної та біоіндикаційної оцінки свідчить про те, що показники життєвості епіфітної ліхенобіоти, ґрунтової мезофауни і гідробіонтів можуть бути використані для оперативного і малозатратного методу з метою вивчення екологічного стану урбосистем аналогічного типу, а також своєчасного виявлення ознак екологічного неблагополуччя міської території.

Ключові слова: екотоксикологічна оцінка, біоіндикаційна оцінка, урбосистема, малакофауна, ґрунтова мезофауна, епіфітні лишайники.

АННОТАЦІЯ

Ёркина Н.В. Экотоксикологическая и биоиндикационная оценка состояния урбосистемы города Мелитополь. – Квалификационная научная работа на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.00.16 – «Экология». – Мелитопольский государственный университет имени Богдана Хмельницкого, Мелитополь, 2017.

В диссертации представлены результаты экотоксикологической и биоиндикационной оценок состояния окружающей среды и биоты урбосистемы Мелитополя. Проанализирована динамика физико-химических параметров почв, поверхностных вод и атмосферного воздуха в различных функциональных зонах города. Определены комплексные индексы загрязнения компонентов окружающей среды. Проведена биоиндикационная оценка экологического состояния территории урбосистемы по показателям жизнестойкости эпифитной лишенобиоты, почвенной мезофауны и пресноводной малакофауны.

Экотоксикологическая оценка подвижных форм тяжелых металлов свидетельствует о статистически достоверной тенденции увеличения содержания свинца, цинка и кадмия, тогда как статистически достоверных трендов изменения содержания подвижных форм меди не установлено. По суммарному показателю уровня загрязнения почв выделено 8 функциональных зон города (53,3 %) с допустимым уровнем загрязнения. 2 зоны отнесены к умеренно опасной (13,3 %), 5 – к опасной категории (33,4 %). По показателям жизнестойкости сообществ почвенной мезофауны экологическое состояние функциональных зон может быть признано как благоприятное для 1 функциональной зоны (6,6 %), напряженное – для 4 (26,7 %), критическое – для 3 (20,0 %), кризисное – для 3 (20,0 %), катастрофическое – для 4 (26,7 %) функциональных зон. Установлено, что на антропогенно измененных участках повышается количество зоофагов, а также наблюдается гомогенизация ценоморфического состава основных групп мезопедобіонтов с доминированием

отдельных видов. В щелочных почвах функциональных зон урбосистемы отмечено преобладание кальцефилов – многоножек, мокриц, брюхоногих моллюсков, что позволяет использовать их для индикации уровня алкализации почв. В качестве индикаторов состояния поверхностных водотоков города Мелитополя были выбраны – *L. stagnalis* и *V. viviparus*. Прямой градиентный анализ указывает на то, что оптимум рН для моллюска *L. stagnalis* составляет 7,6–7,7, а для *V. viviparus* – 7,8–8,0. Отклонение от зоны оптимума рН усиливает токсический эффект воздействия тяжелых металлов. Индикаторные виды β -мезосапробной малакофауны отражают токсическое воздействие ионов цинка, свинца, кадмия и хрома. На основе показателей жизнеспособности эпифитных лишайников в различных функциональных зонах города Мелитополя определены участки с разной степенью загрязнения атмосферного воздуха. Благоприятное экологическое состояние территории – 1 функциональная зона (9,2 %); удовлетворительное – 4 (36,2 %), критическое – 4 (36,2 %), кризисное – 2 (18,4 %). Сравнительный анализ экотоксикологической и биоиндикационной оценок свидетельствует о том, что показатели жизнеспособности эпифитной лишайниковой биоты, почвенной мезофауны и гидробионтов могут быть использованы в качестве оперативного и малозатратного метода для изучения экологического состояния урбосистем аналогичного типа, а также своевременного выявления признаков экологического неблагополучия городской территории.

Ключевые слова: экотоксикологическая оценка, биоиндикационная оценка, урбосистема, малакофауна, почвенная мезофауна, эпифитные лишайники.

SUMMARY

Yorkina N.V. Ecotoxicological and bioindicative assessment of the state of urban systems of the city of Melitopol. – Qualified scientific work as a manuscript.

Thesis for the degree of candidate of biological sciences in specialty 03.00.16 – ecology. Khmelnytsky Melitopol State Pedagogical University, Melitopol, 2017.

The thesis presents the results of ecotoxicological and bioindicative assessment of the state of the environment and of the biota of the urban system of Melitopol. It has been established that the number of zoophages is increasing on anthropogenically transformed sites, and homogenization of the prismatic composition of the main groups of mesopedobionts with domination of individual species is observed. In the alkaline soils of the functional zones of the urban system, the prevalence of calciphylls – centipedes, mociacs, gastropods, is noted, which allows them to be used to indicate the level of alkalization of soils. As the indicators of the state of surface watercourses in the city of Melitopol, *L. stagnalis* and *V. viviparus* were chosen. Indicator species of β -mesosaprobic malacofauna reflect the toxic effects of zinc, lead, cadmium and chromium ions. Based on the vitality indicators of epiphytic lichens in different functional zones of the city of Melitopol, areas with different degrees of atmospheric air pollution were identified. A comparative analysis of ecotoxicological and bioindicative assessment indicates that the vitality indicators of epiphytic lichenobiota, soil mesofauna and hydrobionts can be used as an operational and low-cost method for studying the ecological state of urban systems of a similar type, as well as timely detection of signs of ecological problems in urban areas.

Key words: ecotoxicological assessment, bioindicative assessment, urban system, malacofauna, soil mesofauna, epiphytic lichens.