

ЗООІНДИКАЦІЯ СЕРЕДОВИЩА МІСТА З ВИКОРИСТАННЯМ ПОПУЛЯЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК «DROSOPHILA MELANOGASTER MG.»

О. П. Христославенко, І. А. Чемерис

Черкаський державний технологічний університет
бульв. Шевченко, 460, м. Черкаси, 18006, Україна.

E-mails: khrystoslavenko.o@gmail.com; ichemerys@ukr.net

Проведено комплексну діагностику стану навколишнього середовища міста з використанням методу зооіндикації на ценотичному рівні. Тест-об'єктом дослідження було обрано плодону мушку *Drosophila melanogaster* Mg., яка може використовуватися в екологічному моніторингу. Проаналізовано ряд популяційних параметрів: ступінь виживання когорти, частину когорти, яка дожила до початку відповідної стадії, швидкість відтворення популяції, коефіцієнт смертності, частоту зустрітності патологічних мутацій *Drosophila melanogaster* Mg. За результатами дослідження розроблено бальну шкалу комплексної оцінки екологічного стану міського середовища. За результатами аналізу когортних даних плодової мушки розроблено екологічне районування території м. Черкаси. З метою зменшення вмісту шкідливих домішок в атмосферне повітря міста рекомендовано ряд заходів.

Ключові слова: урбоекосистема, забруднення, плодова мушка, популяція, когортний аналіз, народжуваність, смертність, мутації.

ЗООІНДИКАЦИЯ СРЕДЫ ГОРОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОПУЛЯЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК «DROSOPHILA MELANOGASTER MG.»

О. П. Христославенко, И. А. Чемерис

Черкасский государственный технологический университет
бульв. Шевченко, 460, м. Черкасы, 18006, Украина.

E-mails: khrystoslavenko.o@gmail.com; ichemerys@ukr.net

Проведено комплексную диагностику состояния окружающей среды города с использованием метода зооиндикации на ценотическом уровне. Тест-объектом исследования была выбрана плодовая мушка *Drosophila melanogaster* Mg., которая может использоваться в экологическом мониторинге. Проанализирован ряд популяционных параметров: степень выживания когорты, часть когорты, которая дожила до начала соответствующей стадии, скорость воспроизведения популяции, коэффициент смертности, частота встречаемости патологических мутаций *Drosophila melanogaster* Mg. По результатам исследования разработано бальную шкалу комплексной оценки экологического состояния городской среды. По результатам анализа когортных данных плодовой мушки разработано экологическое районирование территории г. Черкасы. С целью уменьшения содержания вредных примесей в атмосферном воздухе города рекомендовано ряд мероприятий.

Ключевые слова: урбоекосистема, загрязнения, плодовая мушка, популяция, когортный анализ, рождаемость, смертность, мутации.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Міське середовище є складною багатокомпонентною системою, яка включає в себе природну підсистему з біотичними та абіотичними компонентами, технічну підсистему та соціальну. Ріст промислового виробництва призвів до збільшення частки технічної підсистеми і різкої зміни природної екосистеми на території міста, а саме редуції рослинного, тваринного, мікроорганізмового, ґрунтового блоків, зміни атмосферного блоку, зведення до мінімуму проєкційних процесів. Також у містах домінують горизонтальні канали перетворення речовини та енергії, є негативний вплив на суміжні природні екосистеми, створюється надлишок теплової енергії, механізми саморегуляції замінені механізмами антропогенної регуляції. Внаслідок цих особливостей на території міста біомаса урбоекосистеми незбалансована, харчові ланцюги порушені, продуктивність дуже мала. Спрощеність складу урбоекосистеми не забезпечує її високої стійкості до зовнішніх впливів і потребує постійного екологічного контролю та виконання екологічних вимог.

Слід відмітити, що в останні десятиліття спостерігається стійка тенденція до підвищення рівня атмосферного забруднення у містах, що є проблемою як національного, так і світового масштабу [1]. Незадовільна якість повітря призводить до погіршення якості життя людини та розвитку гострих і хронічних захворювань. В Україні на сьогодні 11 млн. людей (28 % від загальної кількості населення країни) проживають в регіонах із забрудненим повітрям та 17 млн. (34 %) піддаються впливу атмосферного забруднення [2, 3].

Із погіршенням якості міського середовища збільшується захворюваність населення, генетичний вантаж, тому комплексна оцінка стану урбоекосистем залишається актуальним питанням.

Таку оцінку можна проводити за допомогою біоіндикаційних методів, що мають ряд переваг. Зокрема, при проведенні зооіндикації можна використовувати представників родини *Drosophila*, яка є може використовуватися як модельний об'єкт у дослідженнях урбанізації [4, 5].

Основний вплив на забруднення повітря міста чинять пересувні та стаціонарні джерела, які містять

значну кількість забруднюючих речовин. Високий ступінь аеротехногенного навантаження призводить до збільшення хромосомної мінливості [6]. Біоіндикація проводиться на різних рівнях і найбільш поширеними є дослідження на організмовому рівні організації живої матерії, коли у індикаторів фіксуються та аналізуються біохімічні та фізіологічні реакції, анатомічні, морфологічні, біоритмічні та поведінкові відхилення [7, 8].

Але слід відмітити, що дослідження ценотичних змін не набуло достатнього поширення в індикації стану навколишнього середовища. Саме вивченню популяційної динаміки в залежності від стану навколишнього середовища і присвячена дана робота. *Новизна роботи* полягає у розробці екологічної шкали комплексної оцінки стану міського середовища із застосуванням ценотичних методів зооіндикації.

Мета роботи – комплексна оцінка екологічного стану міського середовища за допомогою дослідження впливу антропогенних чинників довкілля м. Черкаси на відтворення популяції плодової мушки та частоту появи мутантних форм.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.

Завдання роботи:

1. Провести популяційні дослідження плодової мушки з метою визначення ступеня антропогенного навантаження на досліджуваній території.

2. Створити бальну шкалу з метою уніфікації результатів дослідження.

3. Порівняти результати методів, використаних у роботі.

Drosophila melanogaster Mg. є класичним модельним об'єктом генетики. Вона легко розмножується в лабораторних умовах, має короткий цикл розвитку, високу плодючість та чіткі морфологічні ознаки, за якими зручно вести генетичний аналіз. Завдяки наявності великої кількості ліній мух дикого типу та мутантних ліній, і невеликого числа хромосом ($2n=8$) вона визнана зручним об'єктом при проведенні досліджень в лабораторних умовах. Життєвий цикл дрозофіли проходить з повним перетворенням (яйце, три личинкові стадії, лялечка, імаго) [9]. Доведено, що динаміка екологічної структури популяції представників родини *Drosophila* може бути сильно модифікована під впливом факторів навколишнього середовища, які формують умови, відмінні від ідеальних для особин даної популяції. Слід зазначити, що провідна роль тут належить антропогенному чиннику, який є лімітуючим. Під впливом факторів антропогенного походження відбуваються такі порушення на рівні популяції, як зміни чисельності, зміни коефіцієнтів смертності та відтворення, видозміни вікових та статевих пірамід тощо, що може слугувати показником якості середовища.

Місто Черкаси є обласним центром України, промисловим центром Центрального економічного району з населенням 284 766 тис. мешканців. Клімат району є помірно-континентальним з відносно м'якою зимою, теплим сонячним літом, порівняно достатньою кількістю опадів та більш-менш сталими погодними умовами відповідно до пір року. Се-

редньорічна температура складає $+7,7^{\circ}\text{C}$, абсолютна максимальна $+37,4^{\circ}\text{C}$, абсолютна мінімальна $-35,3^{\circ}\text{C}$. У формуванні клімату регіону важливу роль відіграє мікроклімат, розгалужена річкова мережа, великі озера і штучні водоймища, значна кількість великих міст і промислових об'єктів. На формування місцевих особливостей клімату активно впливає водна маса Кременчуцького водосховища, площа якого складає 2 250 км². Середньомісячна та середньорічна швидкість вітру в місті становить менше 5,0 м/с, що вкрай несприятливо для розсіювання забруднень та процесу самоочищення атмосфери. Порюваність штилів за рік приблизно 20 %.

Основний вплив на атмосферне повітря міста чинять пересувні та стаціонарні джерела. Значний внесок (51 %) в забруднення атмосферного повітря області робить автотранспорт. В 2014 році викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря від пересувних джерел склали 69,9 тис. тон (за 2013 рік – 76,9 тис тон) [10].

Основними забруднюючими підприємствами є ПАТ Черкаси Азот та Черкаська ТЕЦ. При дослідженні впливу ПАТ Черкаси Азот було виявлено, що приземні концентрації аміаку перевищують ГДК населеного пункту, частка оснащення джерел викидів аміаку установками очистки газу складає всього 29 %, а його ефективність коливається від 50 до 100 %. Межі санітарно-захисної зони при несприятливих погодних умовах та переважаючих напрямках вітрів не відповідають нормативам [11].

Іншим за значимістю підприємством, що забруднює навколишнє середовище м. Черкаси є ТЕЦ (в її викидах 75 % загальної кількості важких металів, що надходять від стаціонарних джерел, а за викидами Pb, Cu, та Zn частка ТЕЦ складає 85 %). Унаслідок техногенезу утворюються геохімічні аномалії важких металів в урбаноземах, змінюються їх властивості, здатність до самоочищення, фізико-хімічні умови міграції забруднюючих речовин та ін. [12].

У Черкаській області у 2014 р. викиди від стаціонарних джерел становили 66,7 тис. тонн. До найпоширеніших забруднюючих речовин, відносяться: азоту діоксид, оксид вуглецю, діоксид сірки та речовини у вигляді суспендованих твердих частинок. ІЗА атмосфери також залишається незмінним в продовж останніх років і складає 5,7, що дорівнює середньому рівню забруднення атмосфери (рис. 1) [10].

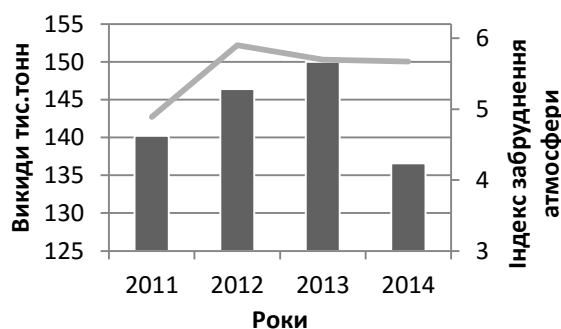


Рисунок 1 – Залежність індексу забруднення атмосфери до загальної кількості викидів

Як видно з табл. 1 [10], порівняно з 2000 р. значно зросла частка викидів від стаціонарних джерел, а кількість викидів від пересувних джерел у 2014 році дещо знизилась порівняно із попередніми роками.

Таблиця 1 – Динаміка викидів в атмосферне повітря, тис. т.

Роки	Викиди в атмосферне повітря, тис.т.		
	Всього	у тому числі	
		стаціонарними джерелами	пересувними джерелами
2000	93,1	28,8	64,3
2010	138,6	61,2	77,4
2011	140,2	62,2	78,0
2012	146,4	69,4	77,0
2013	150,0	73,1	76,9
2014	136,6	66,7	69,9

Аналіз динаміки викидів від стаціонарних джерел по м. Черкаси за основними забруднювачами атмосферного повітря показує, що порівняно із 2000 р. значно зросла кількість діоксиду сірки (майже у чотири рази). Також спостерігається тенденція до зростання кількості діоксиду азоту та пилу (у 2014 р. діоксиду азоту було викинуто у 3,6 разів більше, ніж у 2000 р., а пилу – у три рази) (рис. 2).

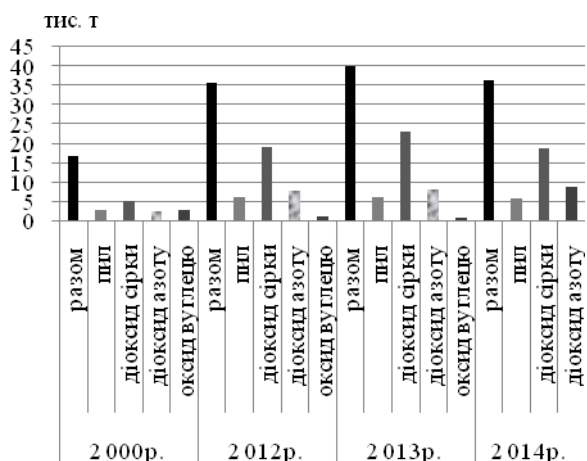


Рисунок 2 – Динаміка викидів стаціонарними джерелами в атмосферне повітря по м. Черкаси

Для проведення дослідження на території міста Черкас було обрано шість дослідних ділянок з різною інтенсивністю антропогенного навантаження, які знаходяться в таких районах міста: район «Д», площа 700-річчя Черкас, район «Дахнівка» центр міста, район «Митниця», «Південно – західний» район.

Дослідна ділянка № 1 – Район «Дахнівка» найбільш сприятливий в екологічному аспекті, знаходиться неподалік від р. Дніпро. Тут найменша кількість автотранспорту та не має підприємств, які могли б чинити негативний вплив на навколишнє середовище. Неподалік розташований лісовий масив Черкаський бір.

Дослідна ділянка № 2 – центр міста забудований житловими будівлями, адміністративними, установами. Район характеризується інтенсивним рухом автотранспорту. Основним джерелом забруднення є автотранспорт. На ділянці дослідження знаходиться велика кількість зупинок маршрутних таксі.

Дослідна ділянка № 3 – Район «Митниця». Спальний район міста Черкас знаходиться вздовж берега річки Дніпро район характеризується помірним антропогенним навантаженням.

Дослідна ділянка № 4 – Площа 700-річчя. Це густо заселений район Черкас. На інтенсивність забруднення найбільше впливає автомобільний транспорт та ВАТ «Азот»

Дослідна ділянка № 5 – район «Д». Ділянка знаходиться в південно-східній частині міста. На території розміщене підприємство по виробництву мінеральних добрив ПАТ Черкаси Азот, яке викидає в повітря аміак, сірководень, сульфати, сполуки азоту тощо. Також на інтенсивність забруднення району впливають і пересувні джерела.

Дослідна ділянка № 6 – «Південно – західний» район. Характеризується високим ступенем забруднення атмосферного повітря, так як в м. Черкаси переважають вітри південно-західному напрямку. Також в цьому районі ступінь транспортного навантаження та розташований автозавод «Богдан».

В реперних точках було відловлено мушок. Задля вибору оптимального методу дослідження проводились двома способами. Перший спосіб полягав в тому, що плодові мушки відловлено безпосередньо біля водойм, у затінених місцях в дослідних ділянках, а через два дні залишено для спостережень. Відмінність другого способу полягає у тому, що *Drosophila melanogaster* Mg. відловлено в одному місці та розміщено на дослідних ділянках. Щодня реєструвалась кількість особин на різних стадіях розвитку. Для дослідження впливу комплексу антропогенних чинників довкілля м. Черкаси було проаналізовано ряд популяційних параметрів: ступінь виживання когорти, частину когорти, яка дожила до початку відповідної стадії, швидкість відтворення популяції, коефіцієнт смертності, частоту зустріваності патологічних мутацій *Drosophila melanogaster* Mg.

З метою оптимізації методики дослідження, було запропоновано внести в методику наступні зміни:

- замість пропіонової кислоти для поживної суміші використовувати яблучний оцет, оскільки він більш доступний і також перешкоджає розвитку цвілі та бактерій, плодова мушка швидко злітається на його аромат;

- при підрахунку чисельності когорти яєць, личинок, лялечок пропонується використовувати метод квадратів: в ємності 250 мл (після того, як пло-

дова мушка відкладе яйця) дослідний розчин добре перемішати, відібрати 10 мл розчину та порахувати за допомогою лупи чи біокуляру кількість когорти на кожному етапі розвитку і помножити на 25. Даний метод дасть змогу прискорити і спростити підрахунок;

- спостереження за плодовими мушками слід проводити на стадії яйця після одного-двох днів; на стадії личинки через 4 дні; на стадії лялечки ще через чотири дні, підрахунок дорослих особин через 10 днів після появи лялечок. Дослід краще проводити в ранній осінній період, коли температура повітря складає + 25°C. Жарким літом спостерігається високий ступінь стерильності мух.

Зафіксовано всі стадії життєвого циклу плодової мушки, загальна кількість особин, які дожили до початку відповідної стадії, розраховано у частках одиниці частину когорти, яка дожила до початку відповідної стадії (1_x) приймаючи значення 10 за 1,00. Всі наступні значення 1_x отримано в результаті перетворення: $a_x \cdot 1 / a_0$.

Розраховано коефіцієнт смертності a_x як відношення частини когорти, яка загинула на відповідній стадії до частини когорти, яка дожила до початку відповідної стадії 1_x .

Визначено коефіцієнт відтворення популяції в досліджуваних зонах міста за формулою 1:

$$R_0 = \sum \frac{F}{a_0} \quad (1)$$

де F – кількість дорослих особин, які розвинулися із відкладених під час перших двох днів експерименту яєць; a_0 – кількість яєць відкладена протягом перших двох діб перебування пасток у визначених місцях.

Коефіцієнт відтворення популяції - це середня кількість нащадків, що народились за весь час існування когорти від однієї особини, що існувала в момент відродження когорти. Відповідно, у організмів з однорічним життєвим циклом і поколіннями, які не перекриваються R_0 характеризує загальну величину зростання чи спаду чисельності популяції за одне покоління.

Виявлено патологічні мутації та підраховано частоту їх зустрітності [13].

При аналізі динаміки виживання когорти на стадіях личинки, лялечки та імаго, а також коефіцієнтів смертності по популяціях з кожної ділянки було з'ясовано, що на різних стадіях онтогенезу плодова мушка відрізняється чутливістю до хімічного складу забруднень, а саме, зі збільшенням впливу автотранспорту зростає коефіцієнт смертності на ранніх стадіях онтогенезу, а на територіях, де є вплив як стаціонарних, так і пересувних джерел, зростає коефіцієнт смертності на стадіях лялечки та імаго (табл. 2). На стадії лялечки найвищий коефіцієнт смертності на дослідній ділянці № 2 (2,185). На цих ділянках спостерігається значний вплив стаціонарних та пересувних джерел забруднення. На дослідну ділянку № 4 та № 2 більш інтенсивно впливає автотранспорт. За методом № 2 значення коефіцієнту

смертності виявилися більшими у порівнянні з методом № 1. На стадії личинки найвищий був на ділянці № 1 (1,12 проти 0,96 на ділянці № 4 за методом № 1). На стадії лялечки, як і за методом № 1, найвищий коефіцієнт смертності був на ділянці № 2 (2,57 проти 1,81 на ділянці № 2 за методом № 1). У дорослих особин цей коефіцієнт був найвищий на ділянці №№ 6, 2 та 5 (4,50, 4,00, 3,70 відповідно). Усереднені дані показали, що найвища смертність серед личинок буде на ділянці № 1 (0,955), серед лялечок – на дослідній ділянці № 2 (2,185), а серед дорослих особин - на ділянці №№ 5, 6 (4,15, 4,25 відповідно).

Таблиця 2 – Значення коефіцієнту смертності на дослідних ділянках

№ ділянки	Усереднений коефіцієнт смертності a_x		
	Личинка	Лялечка	Доросла особина
1	0,955 (0,79/1,12)	0,805 (0,61/1,00)	2,46 (3,55/1,38)
2	0,735 (0,72/0,75)	2,185 (1,80/2,57)	3,90 (3,80/4,00)
3	0,91 (0,82/1,00)	1,155 (1,04/1,27)	2,30 (3,00/1,63)
4	1,065 (0,96/1,17)	1,225 (0,89/1,56)	3,40 (4,89/2,10)
5	0,46 (0,63/0,29)	1,60 (1,17/2,03)	4,15 (4,60/4,15)
6	0,855 (0,82/0,89)	1,345 (1,13/1,56)	4,25 (4,00/4,25)

Примітка: Коефіцієнт смертності, отриманий за першим способом дослідження / Коефіцієнт смертності, отриманий за другим способом дослідження

Такі результати (рис. 3) можна пояснити тим, що на різних стадіях онтогенезу плодова мушка відрізняється чутливістю до хімічного складу забруднень, а саме, зі збільшенням впливу автотранспорту зростає коефіцієнт смертності на ранніх стадіях онтогенезу, а на територіях, де є вплив як стаціонарних так і пересувних джерел, зростає коефіцієнт смертності на стадіях лялечки та імаго.

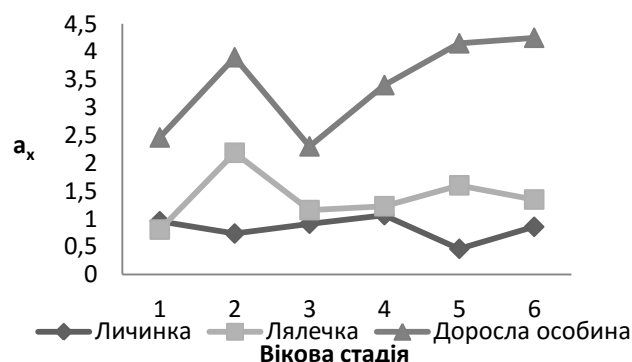


Рисунок 3 – Залежність виживання когорти *Drosophila melanogaster* Mg. на всіх дослідних ділянках

На більшості ділянок коефіцієнт відтворення R_0 складає 0,05, що відповідає високому ступеню забруднення. Найсприятливіші умови існування (коефіцієнт відтворення 0,075) у двох дослідних ділянках № 1 та № 3. Найнижчий коефіцієнт відтворення (0,035) на дослідній ділянці № 6, яка характеризується надмірним впливом автотранспорту та напрямом рози вітрів (рис. 4).

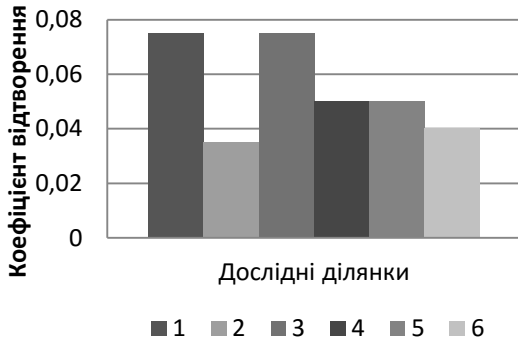


Рисунок 4 – Значення коефіцієнту відтворення R_0 на дослідних ділянках

Важливим показником генетичного здоров'я популяції є відсутність мутацій, але в ході проведеного дослідження було виявлено мутаційні зміни в організмах *Drosophila melanogaster* Mg., що пов'язано із забрудненням середовища, а саме наявністю мутагенних речовин. В зв'язку з тим, що найбільший вплив на забруднення середовища міста хімічними речовинами чинять пересувні та стаціонарні джерела, можна припустити, що вони і є причиною виникнення мутацій у досліджуваного об'єкту.

Для комплексного аналізу стану міського середовища було проведено дослідження зустріваності патологічних мутацій. Найвища частка патологічних мутацій спостерігалась на дослідній ділянці № 6 (0,135). Найнижча частота – на ділянці № 1 (0,025), яка характеризується помірним антропогенним навантаженням та розташуванням на березі річки Дніпро (табл. 3).

Таблиця 3 – Частота зустріваності (в частках одиниці) патологічних мутацій у *Drosophila melanogaster* Mg.

№ ділянки	Частота мутацій, метод № 1	Частота мутацій, метод № 2	Середнє арифметичне, \bar{x}
1	0,03	0,02	0,025
2	0,09	0,07	0,08
3	0,02	0,04	0,03
4	0,07	0,05	0,06
5	0,10	0,09	0,095
6	0,16	0,11	0,135

Для визначення достовірності результатів було проведено дисперсійний аналіз, результати якого показують, що досліджувані параметри популяцій, а

саме когортні показники, залежать від комплексу факторів, які є на кожній дослідній ділянці. По це свідчать значення дисперсій, які показують варіацію, а істотність зв'язку підтверджує критерій Фішера, значення якого перевищують критичний рівень. Дисперсійний аналіз проводився в програмі Excel з використанням надбудови «Аналіз даних» (табл. 4, 5).

Таблиця 4 – Двофакторний дисперсійний аналіз когортних показників та перевірка істотності зв'язку за критерієм Фішера (метод № 1)

Показники	D_m	F_1	D_b	F_2
l_x	0,210	58,23	0,002	0,71
d_x	0,210	58,23	0,002	0,71
q_x	18,45	83,98	0,207	0,94

Примітка: $F_{0,05} = 4,102$ для D_m ; $F_{0,05} = 3,325$ для D_b

Таблиця 5 – Двофакторний дисперсійний аналіз когортних показників та перевірка істотності зв'язку за критерієм Фішера (метод № 2)

Показники	D_m	F_1	D_b	F_2
l_x	0,111	9,80	0,004	3,33
d_x	0,105	8,09	0,008	0,93
q_x	6,180	9,09	0,840	3,325

Примітка: $F_{0,05} = 4,102$ для D_m ; $F_{0,05} = 3,325$ для D_b

Для аналізу території міста було розроблено спеціальну чотириохвальну шкалу (табл. 6), за допомогою якої було дано комплексну оцінку екологічного стану міського середовища.

Таблиця 6 – Бальна система оцінювання комплексу антропогенних чинників довкілля урбоєкосистеми

Позначка на карті	Кількість балів	Ступінь забруднення
	3-5 балів	умовно чисте повітря
	6-9 балів	забруднене повітря
	10-13 балів	сильно забруднене повітря

При розробці шкали було враховано коефіцієнт смертності, коефіцієнт відтворення та частота мутацій для всіх дослідних ділянок. Кожному балу відповідає діапазон числових значень. Забруднення визначали за сумою балів. Чим вищі бали, тим вищий ступінь забруднення атмосферного повітря. Дослідження проводились за двома методами, тому для кожного методу створена шкала та загальна шкала, яка є уніфікованою. На основі отриманих даних побудовано карту забруднення міста (рис. 5).

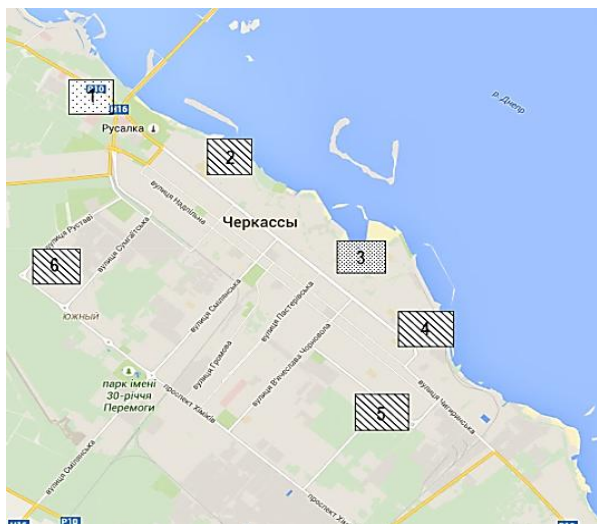


Рисунок 5 – Екологічне районування території м. Черкаси за результатами популяційних досліджень плодової мушки

З проведених досліджень можна зробити висновки, що чисте повітря в дослідних ділянках № 1 (5 балів); забруднене повітря на ділянці № 3 (6 балів); сильно забруднене повітря на ділянках № 2, 4, 5, 6 (10, 10, 10 та 13 балів відповідно).

ВИСНОВКИ. Плодову мушку *Drosophila melanogaster* Mg., яку використовують в генетичних дослідженнях, можна успішно застосовувати в біодикаційній оцінці стану міського середовища, а саме популяційні дослідження для визначення антропопресингу на територію.

Дослідження стану урбоєкосистеми проводилося популяційним методом за двома варіантами, отримані дані було проаналізовано і систематизовано, в результаті чого було отримано вдосконалену бальову шкалу стану атмосферного повітря міста за допомогою зооіндикаційних методів.

Аналіз когортних даних показав, що плодова мушка більш чутлива до забруднення середовища на стадії онтогенезу личинки та лялечки. На стадії дорослої особини плодова мушка більш чутлива до впливу стаціонарних джерел. Показники коефіцієнта відтворення свідчать, що найсприятливіші умови існування в дослідних ділянках № 1, 3 (0,075). Найнижчий коефіцієнт відтворення на дослідній ділянці № 6 (0,035), яка характеризується надмірним впливом автотранспорту.

За результатами популяційних досліджень виявилось, що найчистішим районом є дослідна ділянка №1 (5 бали). Це пов'язано з практичною відсутністю автотранспорту та підприємств, які могли б чинити негативний вплив на навколишнє середовище та тим, що дослідна ділянка розташована на території лісового масиву «Черкаський бір». Найбільш забрудненою виявилась дослідна ділянка № 6 (13 балів), що можна пов'язати з напрямом вітрів в південно-західну сторону та з високим транспортним навантаженням.

З проведених досліджень можна зробити висновки, що чисте повітря в дослідних ділянках № 1 (5 бали); забруднене повітря на ділянці № 3 № 5 (6 та 9 балів); сильно забруднене повітря на ділянках № 2, 4, 6 (10, 10 та 13 балів відповідно).

Найбільша кількість патологічних мутацій спостерігалась у когорти плодової мушки з дослідної ділянки № 6 (0,135), яка вона найбільш забруднена та ділянки № 5 (0,095). Розвиток мутацій можна пояснити розташуванням хімічного промислового підприємства ВАТ «Азот». Отже, можна припустити, що на мутації прямопропорційно впливає хімічне забруднення атмосфери. Найнижча частота виникнення мутацій на дослідній ділянці № 3 (0,025). Ділянка характеризується помірним антропогенним навантаженням та розташуванням на березі річки Дніпро.

Отримані дані за двома методами значно не відрізняються та є дієвими для визначення забруднення атмосфери ксенобіотиками. Уніфікована бальна шкала більш точно відображає екологічний стан міста.

Отримані результати було уніфіковано у 12-бальну шкалу і досліджувані ділянки за результатами аналізу популяційних показників розподілились таким чином: умовно чиста територія на одній ділянці (3-5 балів), забруднена територія на чотирьох ділянках (6-9 балів), сильно забруднена на одній ділянці (10-12балів).

Основними заходами, які можуть знизити рівень забруднення в місті Черкаси є наступні:

- більш жорсткі нормативи викидів від стаціонарних джерел
- нове обладнання,
- впровадження сучасних технологій,
- впровадження ефективних методів очистки для зменшення негативного впливу автотранспорту на довкілля:
 - використання транспортними та іншими пересувними засобами і установками менш токсичних видів палива.
 - забезпечення постійного контролю за якістю палива на автозаправних станціях;
 - обмеження в'їзду автомобільного транспорту та інших транспортних засобів у сільбшичні, природно-заповідні зони та місця масового відпочинку;
 - поліпшення стану утримання транспортних шляхів і вуличного покриття;
 - впровадження в містах автоматизованих систем регулювання дорожнього руху;
 - збільшення кількості зелених насаджень.

ЛИТЕРАТУРА

1. Costabile F., Bertoni G., Desantis F., Weimin F.W.H., Fenglei L., Allegrini I. A preliminary assessment of major air pollutants in the city of Suzhou, China. Atmospheric Environment 40 (2006)11. – P. 6380–6395.
2. Качинський А.Б. Екологічна безпека України: системний аналіз перспектив покращення – К.: НІСД, 2001. – 312 с.

3. Барановський В.А. Еколого-географічні дослідження проблем екологічної безпеки (сутність і складові екологічного ризику) // Картографія та вища школа: зб. наук. праць. – 2000. – Вип. 4. – К.: Укрморкартографія. – С. 47–52.
4. Avondet J. L., Blair R. B., Berg D. J., & Ebbert M. A., *Drosophila* (Diptera: Drosophilidae). Response to Changes in Ecological Parameters Across an Urban Gradient *Environmental Entomology* 32(2), (2003). – P. 347–358.
5. Bizzo L., Gottschalk M.S., De Toni D.C, Hofmann P.R.P. Seasonal dynamics of a drosophilid (Diptera) assemblage and its potencial as bioindicator in open environments *Iheringia Série Zoologia*. 3 (100), (2010). – P. 185–191.
6. Valente V.L.S., Goñi B., Valiati V.H., Rohde C., & Morales N.B. Chromosomal polymorphism in *Drosophila willistoni* populations from Uruguay. *Genetics & Molecular Biology* 26, (2003). – P.163–173.
7. Чемерис І.А., Загоруйко Н.В., Конякін С.М. Фітомоніторинг викидів автотранспорту в умовах міського середовища // Людина і довкілля. Проблеми неоекології. Сер. Географічні науки. – Харків, 2013, № 3–4 – С. 141–146.
8. Чемерис І.А., Зражевський С.Ф. Вплив відпрацьованих газів автотранспорту на фотосинтетичну

- функцію рослин // Питання біоіндикації та екології. – Запоріжжя: ЗНУ, 2009. – Вип. 14, № 2. – С. 86–100.
9. Лабораторний практикум з генетики. Посібник для студентів біологічного факультету / К.С. Афанасьєва, С.Р. Рушковський, В.Ф. Безруков, С.В. Демидов– Київ: Фітосоціоцентр, 2010 – 77 с.
10. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Черкаській області у 2014 році // Державне управління екології та природних ресурсів в Черкаській області. – Черкаси, 2014. – 204 с.
11. Гончаренко Т.П., Жицька Л.І. Екологічна оцінка впливу на довкілля підприємств хімічної галузі на прикладі ПАТ «Азот» (м. Черкаси) // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КрНУ. – 2013. – Випуск 1 (78). – С. 114–119.
12. Мислюк О.О., Корнелюк Н.М., Екологічні аспекти функціонування Черкаської ТЕЦ // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КрНУ. – 2008. – Вип. 1 (48). Част. 1 – С. 111–115.
13. Загальна екологія: практичний курс. Част. 1. / С.С. Руденко, С.С. Костишин, Т.В. Морозова – Чернівці: Рута, 2003. – 320 с.

BIOINDICATION OF CITY ENVIRONMENT USING POPULATION CHARACTERISTICS «DROSOPHILA MELANOGASTER MG.»

O. Khrystoslavenko, I. Chemerys

Cherkassy State Technological University
bulvar.Shevchenko, 460, Cherkasy, 18006, Ukraine.
E-mails: khrystoslavenko.o@gmail.com; ichemerys@ukr.net

Purpose. Comprehensive assessment of the ecological state of the urban environment through study of the effect of anthropogenic environmental factors city Cherkassy to reproduce the fruitfly population and the frequency of its mutant forms. **Methodology.** The paper used methods for assessing population parameters: the degree of survival cohort, part of cohorts, which lived before the appropriate stage, the playback speed of population mortality rate, incidence of pathological mutations frequency of *Drosophila melanogaster* Mg. **Results.** Analysis of the urban environment using the fruitfly was carried out in two ways: the first way fruitflies caught directly from the water in shaded areas, but also left to observations in the research areas of the city with different levels of anthropogenic pressure, and the second method *Drosophila melanogaster* Mg. trapped in one location and placed in different research areas. Analysis of cohort data showed that fruit fly more sensitive to pollution at the stage of ontogeny larvae and pupae. At the stage of adult fruitfly more sensitive to the effects of stationary sources. The data obtained by the two methods do not differ significantly and are effective for determining air pollution xenobiotics. The results were standardized into 12-point scale, and investigated sites for the analysis of population parameters were distributed as follows: relatively clean area (3-5 points), polluted area (6-9 points), heavily contaminated (10-12 points). On the basis of the unified point scale ecological mapping of the city was elaborated. **Originality.** The originality of the work is that the study of the cenotic changes did not acquire sufficient indication widespread in the environment and work is devoted to the study of population dynamics depending on the degree of anthropogenic load. In addition, the methods used zooindication investigated, namely as a test facility used fruit fly, which is not a common target for environmental monitoring. **Practical value.** Using these data analysis cohorts fruitfly bags can be used for assessing the ecological state of the environment of the city. References 13, tables 6, figures 5.

Key words: urban ecosystem, pollution, fruitfly, population, cohort analysis, fertility, mortality, mutation.

REFERENCES

1. Costabile, F., Bertoni, G., Desantis, F, Weimin, F. Fenglei, L., Allegrini, I. (2006), "A preliminary assessment of major air pollutants in the city of Suzhou", *Atmospheric Environment*, no. 40, iss. 11, pp. 6380–6395.
2. Kachins'kij, A.B. (2001), *Ekologichna bezpeka Ukraïni: sistemnij analiz perspektiv pokrashchennya*

[Environmental safety of Ukraine: the systematic analysis of prospects for improvement], NISD, Kiev, Ukraine.

3. Baranov'skij, V.A. (2000), "Ecological and geographical research problems of ecological safety (essence and environmental components of risk)", *Cartography and higher education*, Iss. 4, pp. 47–52.

4. Avondet, J.L., Blair, R.B., Berg, D.J., Ebbert, M. A. (2003), "Drosophila (Diptera: Drosophilidae)", *Response to Changes in Ecological Parameters Across an Urban Gradient Environmental Entomology*, no. 32(2), pp. 347–358.
5. Bizzo, L., Gottschalk, M.S., De Toni, D.C, Hofmann, P.R.P. (2010), "Seasonal dynamics of a drosophilid (Diptera) assemblage and its potencial as bioindicator in open environments", *Iheringia Série Zoologia*, no. 3 (100), pp. 185–191.
6. Valente, V.L.S., Goñi, B., Valiati, V.H., Rohde, C., Morales, N.B. (2003), "Chromosomal polymorphism in *Drosophila willistoni* populations from Uruguay", *Genetics & Molecular Biology*, no. 26, pp.163–173.
7. Chemerys, I.A., Zagorujko, N.V., Konyakin, S.M. (2013), "Phytomonitoring emission of vehicles in city environment", *Man and the environment. Problems of Neoecology*, no. 3-4, pp. 141–146.
8. Chemerys, I.A., Zrazhevs'kij, S.F. (2009), "The impact of exhausted gases of vehicles on the plants photosynthetic function", *Questions of environment and bioindication*, Iss. 14, no. 2, pp. 86–100.
9. Afanas'eva, K.S., Rushkovs'kij, S.R., Bezrukov, V.F., Demidov, S.V. (2010), *Laboratornij praktikum z genetiki. Posibnik dlya studentiv biologichnogo fa-kul'tetu* [Laboratory workshop on genetics. Guide for students of biological faculty], Fitosociocentr, Kiiiv, Ukraine.
10. *Regional'na dopovid' pro stan navkolishn'ogo prirodnoho seredovishcha v Cherkas'kij oblasti u 2014 roci* (2014), [A regional report on the state of the environment in the Cherkassy region in 2014], State Department of Environment and Natural Resources in Cherkasy region, Cherkassy, Ukraine.
11. Goncharenko, T.P., Zhic'ka, L.I. (2013), "Environmental assessment of environmental impact chemical enterprises on the example of Public JSC "Azot" (с. Cherkassy)", *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*, Iss. 1 (78), pp. 114–119.
12. Mislyuk, O.O., Kornelyuk, N.M. (2008), "Environmental aspects functioning of Cherkassy Heat Power Station", *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*, Iss.1 (48), Vol.1, pp. 111–115.
13. Rudenko, S.S., Kostishin, S.S., Morozova, T.V. (2003), *Zagal'na ekologiya: praktichnij kurs. Chast' I*. [General ecology: a practical course. Part 1], Ruta, Chernivci, Ukraine.

Стаття надійшла 07.06.2016.