

Міністерство освіти та науки України
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

БАБЧЕНКО АННА ВАЛЕНТИНІВНА

УДК 574.4

**ДИНАМІКА БЕЗХРЕБЕТНИХ З ЕКОСИСТЕМ
СФОРМОВАНИХ НА ТЕХНОЗЕМАХ НІКОПОЛЬСЬКОГО
МАРГАНЦЕВОРУДНОГО БАСЕЙНУ**

03.00.16 – екологія

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата біологічних наук

Дніпро – 2021

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Державному вищому навчальному закладі "Український державний хіміко-технологічний університет" Міністерства освіти та науки України

Науковий керівник: доктор біологічних наук, професор,
Жуков Олександр Вікторович,
Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького
кафедра ботаніки та садово-паркового господарства, професор

Офіційні опоненти: доктор біологічних наук, професор
Маркіна Тетяна Юріївна,
Харківський національний педагогічний університет імені Г. С. Сковороди,
кафедра зоології, професор, природничий факультет, декан;

доктор біологічних наук, професор,
Гарбар Олександр Васильович,
Житомирський державний університет імені Івана Франка,
кафедра екології та географії, завідувач

Захист дисертації відбудеться «12» травня 2021 року о 10⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.051.04 для захисту дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора 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 в науковій бібліотеці Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара за адресою: 49010, м. Дніпро, вул. Казакова, 8.

Автореферат розісланий «8» квітня 2021 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
кандидат біологічних наук, доцент



А. О. Дубина

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. У Законі України «Про охорону земель» зроблено особливий наголос на необхідності раціонального використання, відтворення та підвищення родючості ґрунтів, інших корисних властивостей землі, збереженні екологічних функцій ґрунтового покриву та охорони довкілля. Території трансформованих внаслідок промислової діяльності ландшафтів у нашій країні займають більше мільйона гектарів, а катастрофічні зміни природних ландшафтів докорінно змінюють їх структуру. Техногена трансформація ландшафтів катастрофічно впливає на динаміку земельного фонду, який постійно скорочується (Забалуєв, 2010). Глибокі підземні гірничі розробки здійснюють значний вплив на ландшафт, трансформуючи природні ландшафти та залишаючи їх у зміненому стані (Szczepanska, Twardowska, 1999; Hodecek et al., 2016; Zhukov, Maslikova, 2018). Ландшафтна трансформація внаслідок відкритих гірничих розробок призводить до сильних змін у структурі наземного покриву, водотоків, мікроклімату, землекористуванні, угруповань живих організмів (Sklenicka et al., 2004; Hendrychová et al., 2008). У середині минулого століття в Україні розпочаті перші широкомасштабні наукові дослідження щодо відновлення порушених земель, організатором і науковим керівником яких був професор М. О. Бекаревич (1971). Рекультивація стала важливою науково-практичною проблемою, вирішення якої потребує міждисциплінарної інтеграції, значних технічних і фінансових ресурсів (Масюк, 1971). Концептуальні основи вирішення проблеми відтворення ґрунтового покриву на територіях, які зазнали корінних трансформацій, розглядає новий науковий напрямок – техногенне ґрунтознавство (Зонн, Травлєєв, 1989). Антропогенний вплив на ґрунт виявляється в його сільськогосподарському використанні, розміщенні населених пунктів, хімічному забрудненні та техногенному руйнуванні (Герасимова та ін., 2004). Видобуток корисних копалин відкритим способом повністю знищує ґрунтовий та рослинний покрив (Андроханов, 2013).

Розвиток водного режиму ландшафтів після впливу гірничої промисловості зумовлений розвитком ґрунту, який є накопичувачем вологи в екосистемі та розвитком рослинного покриву - важливого споживача вологи (Frouz, 2018). Сукцесія тваринних угруповань після рекультивації зазнає впливу різноманіття рослинних угруповань (Hendrychová et al., 2012). Рекультивація підвищує якість ґрунту через покращення фізичних та хімічних властивостей, які допомагають у відновленні техноземів (Shrestha, Lal, 2011). Технічний та біологічний етапи рекультивації є важливими для менеджменту порушених ландшафтів (Hildmann, Wunsche, 1996; Hodecek et al., 2016). Принцип екологічної ніші повинен застосовуватися для теоретичного обґрунтування процесу відновлення земель, порушених гірничими розробками (Zhenqi et al., 2012).

У вітчизняній традиції для вирішення проблем сільськогосподарської рекультивації особливу увагу приділено агрономічним та технологічним проблемам (Узбек, Галаган, 2004). Питання просторової варіабельності угруповань мезопедагогів Нікопольського марганцеворудного басейну

піднято в роботах К. В. Андрусевич (2014). З'ясування закономірностей часової динаміки угруповань та популяцій наземних безхребетних, які сформовані на техноземах Нікопольського марганцеворудного басейну, є актуальною науковою та науково-практичною проблемою та потребує свого вирішення.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами й темами. Дисертаційна робота виконана в 2008–2019 рр. у рамках наукової програми кафедри біотехнології Державного вищого навчального закладу "Український державний хіміко-технологічний університет" як частина державних науково-дослідних тем: «Використання біотехнологічних та генетичних методів для підвищення ефективності біоконверсії мікробного синтезу та вирішення екологічних проблем» (номер державної реєстрації теми: 0111U008600) (2010-2015рр.), «Дослідження механізмів керування біотехнологічними процесами на основі біооб'єктів різних таксономічних груп» № 51/160199 (номер державної реєстрації теми:116U000962). (2016-2019 рр).

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є встановити закономірності часової динаміки популяцій наземних безхребетних з екосистем, сформованих на техноземах Нікопольського марганцеворудного басейну.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- встановити характеристики різноманіття угруповань наземних безхребетних з екосистем, сформованих на техноземах;
- оцінити роль метеорологічних чинників як предикторів екологічної ніші наземних безхребетних у часовому аспекті;
- встановити закономірності фенології видів безхребетних як відгук їх чисельності у градієнті часу;
- оцінити роль вологості ґрунту в часовій динаміці популяцій безхребетних техноземів;
- визначити показники оптимумів та толерантності видів безхребетних до температури з урахуванням впливу інших метеорологічних чинників, часових та просторових змінних.

Об'єкт дослідження. Угруповання та популяції наземних безхребетних техногенних екосистем Нікопольського марганцеворудного басейну (Україна).

Предмет вивчення. Закономірності часової динаміки популяцій наземних безхребетних під впливом метеорологічних факторів та вологості ґрунту в умовах штучно створених ґрунтоподібних конструкцій – техноземів.

Методи дослідження. Облік наземних безхребетних у межах експериментального полігону було здійснено за допомогою пасток Барбера на 20 пробних майданчиках, які охоплюють п'ять типів техноземів: педоземи, та сформовані на лісоподібних суглинках, червоно-бурих глинах, сіро-зелених глинах та на технологічній суміші глин. Збір проводили протягом 2013–2015 рр.: щороку протягом сезону по 26 разів у період з весни

до осені, що дало змогу відслідкувати сезонну динаміку угруповань. Було досліджено сім груп безхребетних, близько пов'язаних з ґрунтовим середовищем та наземним рослинним покривом: моллюски (Mollusca: Gastropoda), павуки (Chelicerata: Arachnida), двопарноногі (Myriapoda: Diplopoda), губоногі (Myriapoda: Chilopoda), мокриці (Malacostraca: Isopoda: Oniscidea), комахи (Tracheata: Insecta). Для кожного часу експозиції пасток були розраховані такі параметри середовища: загальна сума опадів за період, середнє значення доступної для рослин вологи, швидкості вітру, атмосферної температури, вологості та тиску. Були використані дані обліків Нікопольської метеостанції. Ці параметри середовища застосовані в якості екологічних предикторів екологічної ніші безхребетних. Для оцінки оптимуму та толерантності екологічних ніш безхребетних у градієнті факторів середовища застосовано метод зваженого середнього, метод генералізованих лінійних змішаних моделей (*Generalized linear mixed models*), ієрархічні моделі Хуїзмана, Ольфа та Фреско – НОФ та ординаційна техніка аналізу відповідностей. Таксономічне визначення жуків виконано професором О. М. Сумароковим, павуків – доцентом О. В. Прокопенко. Правильність таксономічних визначень моллюсків перевірена професором С. С. Крамаренком. Для статистичних аналізів ми застосовували відповідні процедури для Statistica (Version 12.0, StatSoft Inc., <http://www.statsoft.com>) або R (version 3.5.2; R Core Team, 2018).

Наукова новизна отриманих результатів.

Уперше:

- встановлені показники видового та таксономічного різноманіття угруповань наземних безхребетних техноземів, які сформувались протягом піввікової сільськогосподарської рекультивації;
- вперше показано, що адекватна оцінка оптимуму та толерантності екологічної ніші безхребетних у градієнті фактора можливе тільки з урахуванням впливу інших екологічних факторів, часових та просторових патернів та специфіки, зумовленої типом технозему;
- запропонований підхід для аналітичного виділення фенологічних груп безхребетних, а також екологічних груп за їх ставленням до вологості та температури;

Удосконалено:

- процедуру оцінки динаміки вологості техноземів за метеорологічними даними з урахуванням альбеда поверхні техноземів.

Набули подальшого розвитку:

- концепція екологічної ніші Хатчинсона (Hutchinson, 1957) і способи її кількісної оцінки;
- принципи та методи екології техноземів (Zhukov et al., 2017).

Практичне значення отриманих результатів. У результаті проведеної роботи адаптовано підхід Пенмана-Монтейта для оцінки вмісту вологи в ґрунті для техноземів з урахуванням варіювання альбеда техноземів зі зміною їх вологості. Цей підхід може забезпечити розрахунковою оцінкою вмісту вологи як предиктора екологічної ніші безхребетних, що може бути

практично застосовано для прогнозу чисельності як шкідливих у господарському відношенні тварин (фітофаги), так і корисних (зоофаги та фітофаги). Відомості про вміст вологи в техноземах можуть бути застосовані в практиці сільськогосподарського виробництва для вибору оптимальних стратегій господарювання на рекультивованих землях.

Розроблені підходи до оцінки зв'язку властивостей екологічної ніші наземних безхребетних з метеорологічними показниками можуть бути застосовані для створення довгострокових прогнозів динаміки угруповань тварин на основі перспективних проєкцій кліматичних режимів. Такий підхід надає можливість розробляти комплекс заходів у режимі реального часу для оптимізації екологічного стану техноземів у значній часовій перспективі.

Основні теоретичні положення й матеріали дисертації застосовуються при викладанні дисциплін «Екологічна біотехнологія», «Технологія виробництв біонанопродуктів», «Методи досліджень у біотехнологічних виробництвах», «Математичне моделювання в біотехнології», «Біоінжиніринг» у Державному вищому навчальному закладі "Український державний хіміко-технологічний університет".

Особистий внесок здобувача. Автор дисертації безпосередньо планував дослідження, провів аналіз сучасної наукової літератури, брав участь у зборі польових експериментальних матеріалів, лабораторному їх опрацюванні, особисто складав схеми, виконав аналіз та обробку отриманих наукових результатів, брав участь в апробації результатів та підготовці матеріалів до друку в наукових виданнях. Концептуальні рішення та обґрунтування нового напрямку досліджень, які знайшли своє відображення у висновках, науковій новизні та практичних рекомендаціях, є науковим результатом автора дисертації.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи та результати досліджень доповідались й обговорювались на щорічних засіданнях кафедри екологічної безпеки та раціонального природокористування; на науково-практичних конференціях професорсько-викладацького складу Державного вищого навчального закладу "Український державний хіміко-технологічний університет" (Дніпро, 2008–2019 рр.); на VIII міжнародній науково-практичній конференції «Сучасний рух науки», (Дніпро, 3–4 жовтня 2019 р.); на XXII Міжнародній науково-практичній конференції «Наука та освіта: досягнення та стратегії розвитку» (Запоріжжя, 4 листопада 2019 р.), на X Міжнародній науковій конференції "Zoocenosis–2019." (Дніпро, 18–19 листопада 2019 р.).

Публікації. Основні матеріали дисертаційної роботи опубліковані у 9 наукових працях, із них 3 – у виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз Web of Science або Scopus, 1 – у виданні, включеному до міжнародної наукометричної бази Agricola; 2 – до видань, що входять до переліку фахових, 3 – до матеріалів наукових конференцій.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота викладена на 200 сторінках комп'ютерного тексту й складається з переліку умовних скорочень, вступу, 6 розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Вона

містить 46 таблиць і 40 рисунків. Список літературних посилань містить 257 джерел, 211 з яких – англійською мовою.

Подяки. Автор щиро вдячний за участь у зборі та в таксономічному визначенні видів рослин Г. О. Бондар, К. П. Масліковій, Д. С. Ганжі, К. В. Андрусевич, у зборі наземних безхребетних О. В. Жукову та К. В. Андрусевич, за таксономічне визначення та перевірку правильності визначення тварин О.М. Сумарокову, О. В. Жукову, С. С. Крамаренку, О. В. Прокопенко.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЗЕМІВ ЯК СЕРЕДОВИЩА ІСНУВАННЯ ГРУНТОВИХ ТВАРИН (аналітичний огляд літератури) – у розділі розглянуті екологічні основи сільськогосподарської рекультивації земель. Висвітлено проблему оцінки екологічних режимів техноземів. Важливу увагу приділено проблемі дослідження відгуків видів у градієнті екологічних факторів.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ. Дослідження проводились протягом 2012–2015 років на ділянці рекультивації Нікопольського марганцеворудного басейну в м. Покров. Для дослідження просторово-часової мінливості чисельності, видового багатства та видового складу угруповання безхребетних у межах експериментального полігону тварин було зібрано зі застосуванням пасток. Ми дослідили сім груп безхребетних, близько пов'язаних з ґрунтовим середовищем та наземним рослинним покривом: (1) молюски (Mollusca: Gastropoda), (2) павуки (Chelicerata: Arachnida), (3) двопарноногі (Myriapoda: Diplopoda), (4) губоногі (Myriapoda: Chilopoda), (5) мокриці (Malacostraca: Isopoda: Oniscidea), (6) комахи (Tracheata: Insecta). У цілому 60 пасток було застосовано одночасно кожного періоду відбору проб. На кожному майданчику було розміщено по три пастки по вершинах трикутника з довжиною сторони 3 м. Виймка з пасток відбувалась кожні 7–9 діб протягом вегетаційного періоду. У якості екологічних предикторів нами розглянуто вміст доступної для рослин вологи (ДДВ, мм у метровому шарі ґрунту), опади (мм), швидкість вітру (м/с), атмосферна температура (добовий мінімум, добовий максимум, середньодобова температура, °С), атмосферна вологість (%), атмосферний тиск (гПа).

МОДЕЛЮВАННЯ ЧАСОВОЇ ДИНАМІКИ ВОЛОГОСТІ ТЕХНОЗЕМІВ. У розділі виконано моделювання вмісту вологи в техноземах Нікопольського марганцеворудного басейну за допомогою підходу Пенмана-Монтейта та оцінено залежність альbedo ґрунтів від вологості в інтенсивності евапотранспірації. Показано, що метеорологічні умови є найважливішими чинниками, які визначають динаміку вмісту вологи в ґрунтах, у тому числі штучно створених. Особливості водного режиму техноземів залежать як від їх водно-фізичних властивостей, так і від особливостей поверхні контакту ґрунту з навколишнім середовищем. Рослинний покрив, колір та характер поверхні ґрунту значно впливають на інтенсивність енергетичного та речовинного обміну ґрунту з навколишнім середовищем. Техноземи є молодими ґрунтами, для яких характерна значна

варіабельність кольорів поверхні. Ця особливість визначає значне варіювання альbedo поверхні техноземів. Залежність між вологістю та альbedo утворює передумови формування механізму зворотного негативного зв'язку між вологістю та інтенсивністю евапотранспірації. Зменшення вмісту води в ґрунті призводить до зменшення випаровування внаслідок збільшення альbedo. Слід зазначити, що з плином процесу ґрунтогенезу кольорові відмінності між техноземами будуть зменшуватися внаслідок накопичення органічної речовини, яка надає ґрунтам чорного або сірого кольору. Але накопичення органічної речовини сприяє покращенню водно-фізичних властивостей техноземів, що дає можливість краще використовувати кліматичний потенціал.

ДИНАМІКА ВИДІВ БЕЗХРЕБЕТНИХ У ГРАДІЄНТІ ЧАСУ.

Розподіл зважених за чисельністю видів тварин порядкових номерів діб з початку року є полімодальним та може бути представлений як суміш чотирьох нормальних розподілів (Kolmogorov-Smirnov $d = 0.029$, $p = 0.99$) (рис. 1).

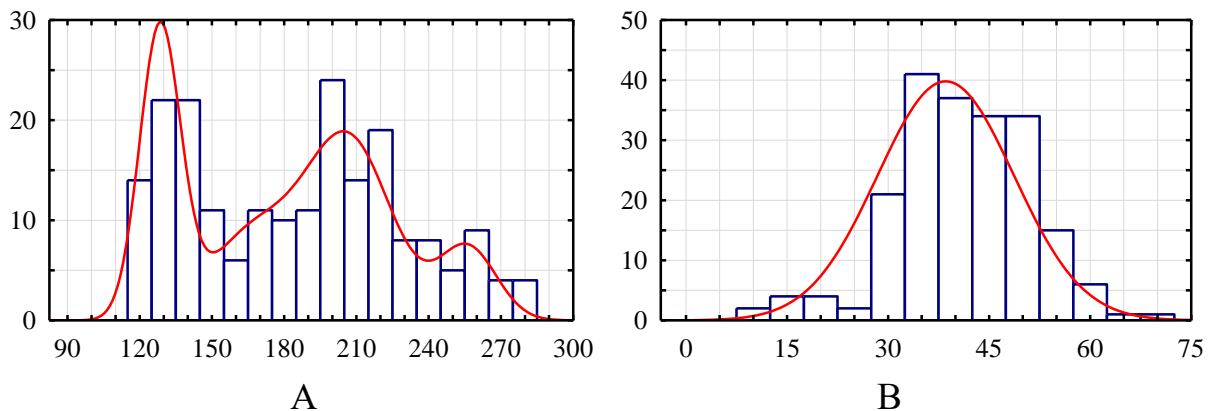


Рис. 1. Гістограми розподілів зважених за чисельністю видів тварин порядкових номерів діб з початку року (А) та зважених оцінок середньоквадратичного відхилення цього показника (В)

Складова з середнім 128,4 діб та середньоквадратичним відхиленням 8,5 становить 30.3 % від варіювання суміші. Складова з середнім 166,7 діб та середньоквадратичним відхиленням 18,2 становить 19.2 % від варіювання суміші. Складова з середнім 206,5 діб та середньоквадратичним відхиленням 17,8 становить 39.7 % від варіювання суміші. Складова з середнім 256,2 діб та середньоквадратичним відхиленням 11,9 становить 10.8 % від варіювання суміші. Розподіл зважених середньоквадратичних оцінок за порядковими номерами діб може бути описаний нормальним розподілом (Kolmogorov-Smirnov $d = 0.049$, $p = 0.69$). Таким чином, аналіз властивостей розподілу оцінки оптимальних термінів активності безхребетних вказує на вірогідну наявність чотирьох однорідних за часом активності груп тварин. Максимум групової активності, який припадає на 128 добу з початку року, відповідає наявності тварин з весняним піком активності. Активність на 166 добу відповідає тваринам з піком активності наприкінці весни або на початку літа.

Літня активність відповідає піку 206 діб, а пізньолітня-осіння активність відповідає піку 256 діб.

Характер відгуку видів у градієнті часу може бути описаний шістьма моделями з сімох HOFJO-моделей (рис. 2). Не встановлено відповідності відгуку видів тільки моделі I, що вказує на значну структурованість динаміки чисельності видів безхребетних у часі. Найчастіше відгук видів описується бімодальною асиметричною моделлю VII (рис. 3). Це вказує на наявність двох нерівних піків активності в переважній більшості видів. Такий результат робить неможливим виділення фенологічно однорідних груп видів безхребетних за результатами розподілу оптимальних термінів за оцінкою за методом середнього зваженого. Бімодальність може бути результатом впливу біотичних (конкурентних) взаємодій між видами. Також вона може виникати внаслідок біологічної неоднорідності популяції – може бути представлена різними стадіями розвитку. Також біомодальність може бути результатом міграційних процесів, коли другий спалах чисельності виду може виникнути внаслідок не процесу розмноження, а переселення (імміграції). Наступним за значимістю типом відгуку є такий, який описується моделлю III. Для цього типу характерне значне за тривалістю у часі плато рівного преферендуму, який обмежується різким зниженням чисельності. Найчастіше таке зниження відбувається наприкінці літа, але бувають випадки, коли відбувається поява активності виду навесні, що потім зберігається на порівняно постійному рівні протягом усього вегетаційного періоду, який залишився. Такий тип часової динаміки вказує на загалом досить сприятливі умови існування багатьох видів в умовах техноземів. Не можна також виключати явища еміграції-імміграції у формуванні такого типу часової динаміки. Можна припустити, що стійке плато чисельності досягається за рахунок еміграції в моменті тенденції до збільшення чисельності та навпаки, локальне зменшення чисельності компенсується імміграційними процесами. Нарешті, такий тип часової динаміки може вказувати на наявність складних та сформованих процесів регулювання чисельності безхребетних на порівняно молодих екологічних утвореннях, якими є техноземи. Тип моделі IV за своєю здатністю описувати часову динаміку чисельності безхребетних значно поступається усім іншим з розглянутих моделей. Симетрична та унімодальна модель IV є базовою для багатьох підходів для оцінки оптимуму та толерантності видів, зокрема метод зваженого середнього, логістична регресія та аналіз відповідностей. Як свідчать одержані результати, припущення, які лежать в основі вказаних підходів, виконуються в обмеженій кількості випадків, тому точність відповідних оцінок може бути вкрай сумнівною.

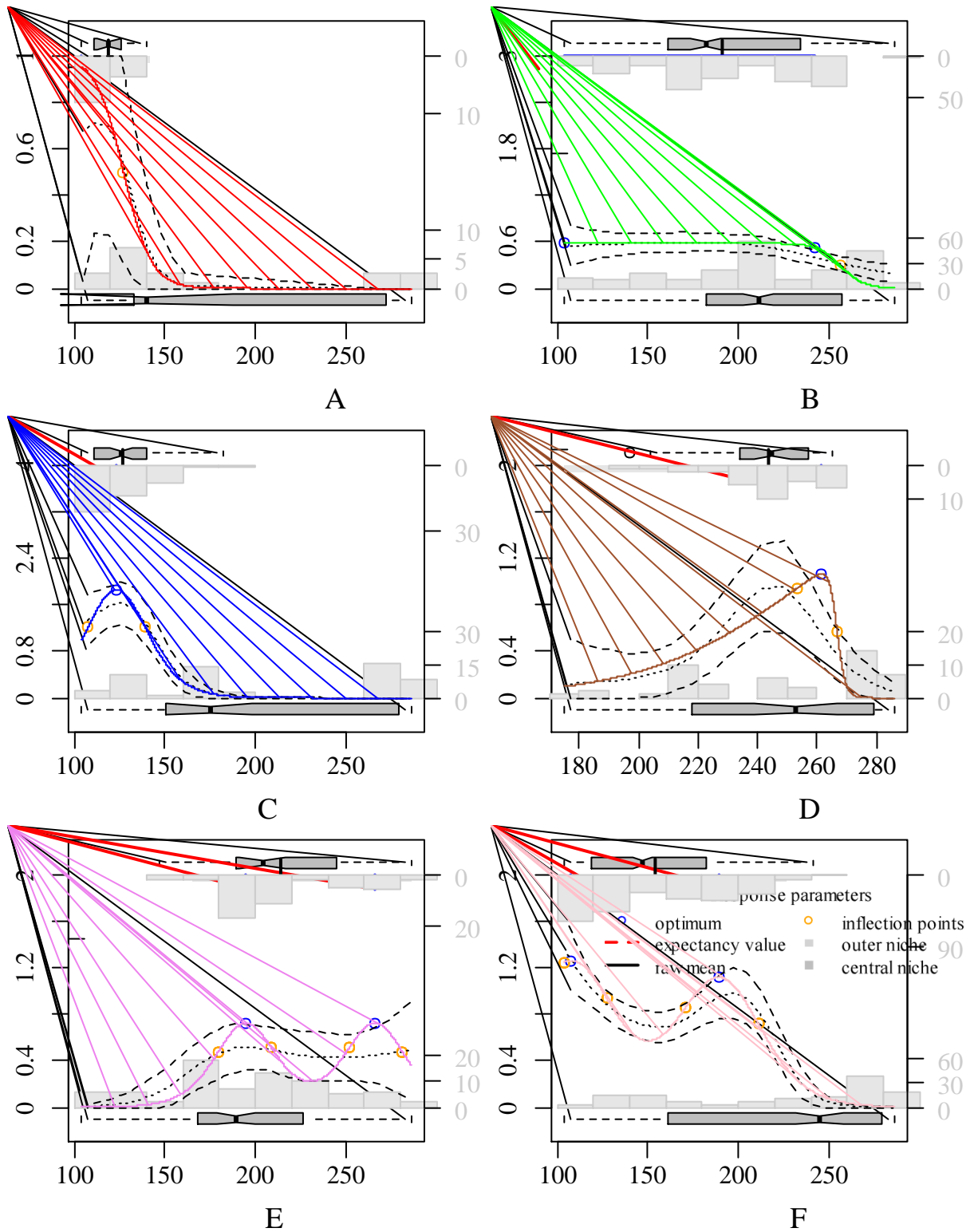


Рис. 2. Різноманітні моделі відгуку чисельності видів у градієнті часу. Ось абсцис – порядок днів з початку року; ось ординат – кількість індивідумів. HOFJO-моделі: А – модель II (*Agroeca cuprea*), В – модель III (*Agriotes gurgistanus*), С – модель IV (*Dorcadion tauricum*), D – модель V (*Licinus cassideus*), Е – модель VI (*Mylabris polymorpha*), F – модель VII (*Onthophagus ovatus*)

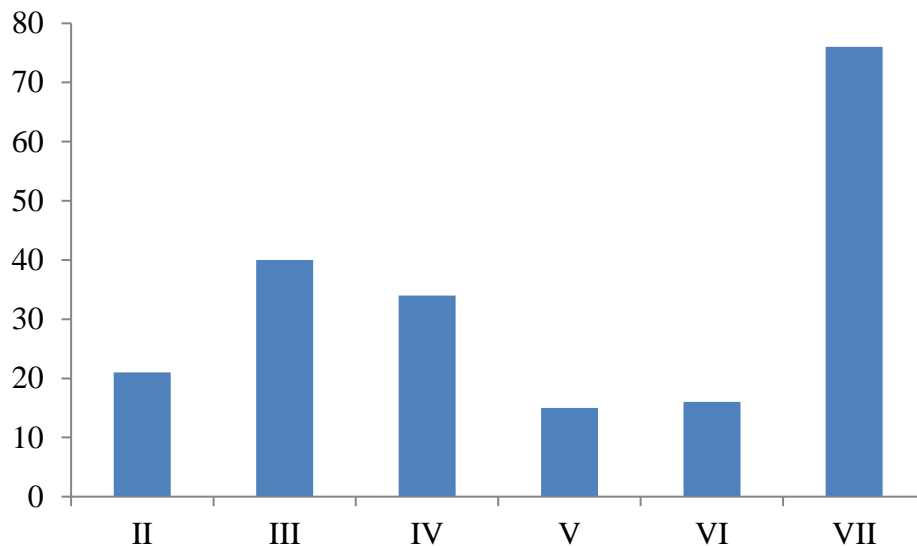


Рис. 3. Розподіл кількості оптимальних моделей відгуку видів у градієнті часу. Ось абсцис – HOF та дві додаткові моделі відгуку видів у градієнті часу, ось ординат – кількість видів, для яких модель є найкращою за критерієм AIC_c

Таким чином, часова динаміка видів безхребетних є добре структурованою та відгуки видів у градієнті часу є переважно асиметричними та біомодальними. Це дозволяє припустити значну роль у формуванні часових патернів як впливу комплексу абіотичних факторів, так і значної ролі біотичних взаємодій.

ВІДГУК НАЗЕМНИХ БЕЗХРЕБЕТНИХ НА ДИНАМІКУ ВОЛОГОСТІ ТЕХНОЗЕМІВ

У цілому було зібрано 257437 особин безхребетних (Arthropoda та Mollusca) з 6 класів, 13 рядів, 50 родин та 202 видів або паратаксономічних одиниць. HOFJO-підхід надає можливості для моделювання відгуків видів за допомогою більшої кількості альтернативних моделей. Найчастіше оптимальною моделлю відгуку видів є модель IV, дещо менш часто оптимальними є моделі III, V та VII. Таким чином, найчастіше відгук видів на вплив вмісту вологи у ґрунті може бути описаний гаусовою кривою (модель IV), або наближеною до неї асиметричною дзвіноподібною кривою (модель V). Перші чотири СА-осі здатні пояснити 19.1 % від загальної варіабельності угруповання. Ось 1 найбільш скорельована з вологістю ґрунту (RAW), але вірогідна кореляція встановлена також між вмістом вологи та СА-віссю 4 (табл. 1). Температура та атмосферний тиск є важливими предикторами варіювання угруповання безхребетних. Важливість часових предикторів строго ранжована в порядку зменшення часових dbMEMs-змінних. Цей результат вказує на те, що важливість часових коливальних процесів зменшується зі збільшенням їх частоти. Просторові змінні значно впливають на варіювання угруповання. Як показали результати HOFJO-підходу, відгуки видів у градієнті умов вологості ґрунту є переважно дзвіноподібними (для яких найкращою ординаційною процедурою є CCA),

але відгуки значної кількості видів є монотонними (для яких найкращою ординаційною процедурою є RDA).

Таблиця 1. Оцінка впливу факторів середовища, часових та просторових змінних та типів техноземів на результати СА-ординачії

Предиктори	Осі, % поясненої варіації				R^2	Pr(>r)	Коди статистично і вірогідності
	CA1, 8.6	CA2, 4.1	CA3, 3.5	CA4, 3.0			
Кліматичні предиктори							
Опади	-0.63	0.74	0.03	0.23	0.09	0.001	***
Вітер	-0.25	-0.55	-0.08	-0.79	0.07	0.001	***
T_{min}	0.40	0.89	0.04	0.18	0.33	0.001	***
T_{max}	0.30	0.86	0.08	0.40	0.29	0.001	***
T	0.38	0.88	0.06	0.28	0.33	0.001	***
Вологість	-0.77	-0.26	-0.14	-0.57	0.08	0.001	***
Тиск	0.66	-0.16	-0.16	-0.71	0.18	0.001	***
RAW	-0.96	0.09	0.01	0.27	0.93	0.001	***
Time predictors							
Time_1	0.94	-0.20	0.06	0.26	0.56	0.001	***
Time_2	-0.13	-0.91	-0.02	-0.39	0.29	0.001	***
Time_3	0.90	0.35	0.05	0.26	0.15	0.001	***
Time_4	-0.44	-0.84	-0.13	-0.28	0.08	0.001	***
Time_5	-0.97	0.16	0.12	-0.16	0.07	0.001	***
Time_6	-0.25	-0.93	-0.10	-0.25	0.04	0.001	***
Time_7	0.95	0.23	-0.09	0.17	0.02	0.001	***
Time_8	-0.54	-0.26	-0.78	-0.18	0.00	0.694	
Time_9	-0.94	-0.19	0.11	-0.27	0.01	0.001	***
Time_10	-0.11	-0.97	-0.17	-0.11	0.01	0.013	*
Time_11	0.95	-0.05	-0.15	-0.27	0.00	0.339	
Time_12	-0.14	0.87	-0.21	-0.43	0.00	0.617	
Spatial predictors							
Spat_1	-0.06	0.16	0.91	-0.39	0.38	0.001	***
Spat_2	0.02	0.04	-0.97	-0.24	0.45	0.001	***
Spat_3	0.06	0.22	0.56	-0.80	0.09	0.001	***
Spat_4	0.14	0.51	0.37	0.76	0.03	0.001	***
Spat_5	-0.06	-0.72	0.32	-0.61	0.01	0.007	**
Tecnosols types							
Technosols	-	-	-	-	0.21	0.001	***
GG	0.03	-0.11	0.90	0.22	-	-	-
LL	-0.07	0.12	0.75	-0.47	-	-	-
PZ	-0.03	-0.26	-0.81	0.39	-	-	-
RB	0.03	0.10	0.43	0.29	-	-	-
TM	0.07	0.03	-1.25	-0.27	-	-	-

Symbols: Significance codes: '***' – <0.001; '**' – <0.01; '*' – <0.05

Фракціонування варіабельності угруповання відносно метеорологічних даних, просторових та часових предикторів, а також типу техноземів, виконано як на основі ССА так і на основі RDA (рис. 4).

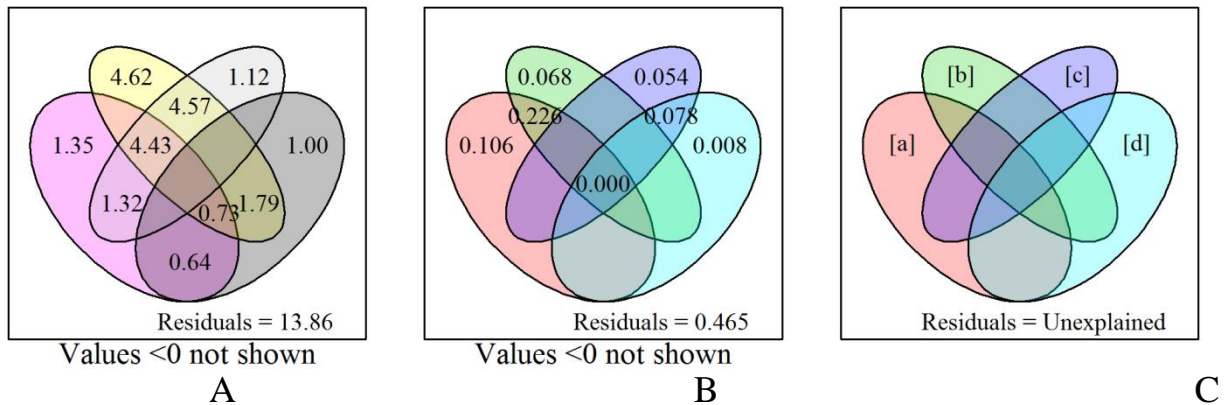


Рис. 4. Фракціонування варіації угруповання тварин між змінними часу, простору, метеорологічними показниками та типом технозему. А – фракціонування χ^2 в обмеженому аналізі відповідностей (ССА), В – фракціонування R^2 в аналізі надлишковості; С – значення символів

Примітки: [a] – варіація пояснена виключно метеорологічними показниками; [b] – варіація пояснена виключно змінними часу (часові dbMEM); [c] – варіація пояснена виключно просторовими змінними (просторові dbMEM); [d] – варіація пояснена типом технозему; [a]+[b] – варіація пояснена метеорологічними та часовими змінними; [a]+[c] – варіація пояснена метеорологічними та просторовими змінними; [b]+[c] – варіація пояснена просторовими та часовими змінними; [c]+[d] – варіація пояснена просторовими змінними та типом техноземів. Усі наведені фракції варіації є статистично вірогідними ($p < 0.001$).

Фракціонування варіювання угруповання на основі ССА-процедури вказує на найбільшу роль складних факторів, які є результатом взаємодії часових та просторових факторів, а також часових, просторових та метеорологічних факторів. Результати на основі RDA-процедури також вказують на суттєву роль взаємодії метеорологічних та часових факторів. Ці результати вказують на необхідність вичленування ролі взаємодії фактора вологості ґрунту з іншими факторами для оцінки саме впливу вологості ґрунту на динаміку угруповання безхребетних. Вплив вологості ґрунту з урахуванням у якості умовних змінних часу, простору, типу технозему та метеорологічних показників здатний пояснити 2.1 % варіювання угруповання тварин ($F = 44.04$, $p < 0.001$). Ординаційна ССА-ось статистично вірогідно корелює з показником вмісту доступної для рослин води ($r = -0.53$, $p < 0.001$). З метеорологічними показниками, змінними часу та просторовими змінними статистично вірогідної кореляції цієї осі не встановлено. Також відсутній статистично вірогідний вплив типу технозему на цю ось ($F = 0.04$, $p = 0.99$). Ваги видів на ординаційну ССА-ось є оцінками оптимуму видів у градієнті умов вологості, а середньоквадратичні відхилення є показниками толерантності до умов вологості.

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ НА ДИНАМІКУ УГРУПОВАНЬ БЕЗХРЕБЕТНИХ

Фітоіндикаційна оцінка вказує на варіювання терморезиму досліджених техноземів у межах від 8,3 до 11,1 за шкалою Дідуха (2011), що відповідає умовам, сприятливим для рослин від субмікротермів до мезотермів. Типи техноземів статистично вірогідно відрізняються за рівнем терморезиму ($F = 3.99$, $p = 0.02$). Найбільший рівень терморезиму характерний для техноземів, які сформовані на лісоподібних суглинках ($10,82 \pm 0,14$), дещо менший цей показник для сіро-зелених глин ($10,55 \pm 0,05$). Перехідне положення займають червоно-бурі глини ($10,28 \pm 0,28$) та педоземи ($10,20 \pm 0,16$). Найменший показник терморезиму встановлений для техноземів, сформованих на технологічній суміші гірських порід ($9,42 \pm 0,40$). Бальні фітоіндикаційні оцінки можна перевести в оцінки терморезиму в фізичних одиницях. Встановлено, що за результатами фітоіндикаційного оцінювання терморезим варіюється в межах від 1729.2 до 2333.9 МДж•м²•рік⁻¹.

Отримані розрахунки свідчать, що розподіл зважених за чисельністю видів тварин показників температури повітря протягом 2013–2015 рр. є полімодальним та може бути представлений як суміш двох нормальних розподілів (Kolmogorov-Smirnov $d = 0.032$, $p = 0.98$) (рис. 5). Складова з середнім 17,1°C та середньоквадратичним відхиленням 2,2 становить 64.2 % від варіювання суміші. Складова з середнім 21,5°C та середньоквадратичним відхиленням 1,5 становить 35.8 % від варіювання суміші. Таким чином, температурні оптимуми безхребетних, які мешкають в умовах техноземів, варіюються в діапазоні від 11,5 до 25,4 °C. Термічний діапазон між оптимумами видів розподілено нерівномірно. Аналіз розподілів вказує існування двох відносно однорідних за термічними перевагами угруповань видів: мікротемпературне та мезотемпературне. Така ідентифікація угруповань базується на фітоіндикаційних оцінках термоклімату техноземів як такого, що знаходиться в діапазоні від мікротемпературних до мезотемпературних умов. Розподіл зважених оцінок середньоквадратичних відхилень за чисельністю видів тварин показників температури повітря має нормальний розподіл (Kolmogorov-Smirnov $d = 0.053$, $p = 0.59$). Між оцінками термічного оптимуму та толерантності видів існує негативний кореляційний зв'язок ($r = -0.48$, $p < 0.001$). Таким чином, більш мікротермні види є більш толерантними до термічного фактору, та навпаки – мезотермні є більш чутливими. Вірогідно, високі температури, які спостерігаються у межах дослідженого полігону, наближаються до фізіологічної межі витривалості живих організмів, тому високі температури виступають як більш сильний обмежувальний фактор. На основі оцінок толерантності та оптимуму за ССА-підходом нами проведений кластерний аналіз видів, за допомогою якого вдалося встановити наявність чотирьох гомогенних кластерів, або екологічних груп видів (рис. 6). Ці кластери розрізняються за значеннями оптимуму видів, і можна встановити наявність мікротермів та мезотермів. Також спостерігаються відмінності за рівнем

толерантності видів, що дозволяє виділити стенотермів та евритермів. Комбінація вказаних критеріїв дозволяє виділити евримікротермів (EuMicrT), евримезотермів (EuMsT), стеномікротермів (StMicrT) та стеномезотермів (StMsT).

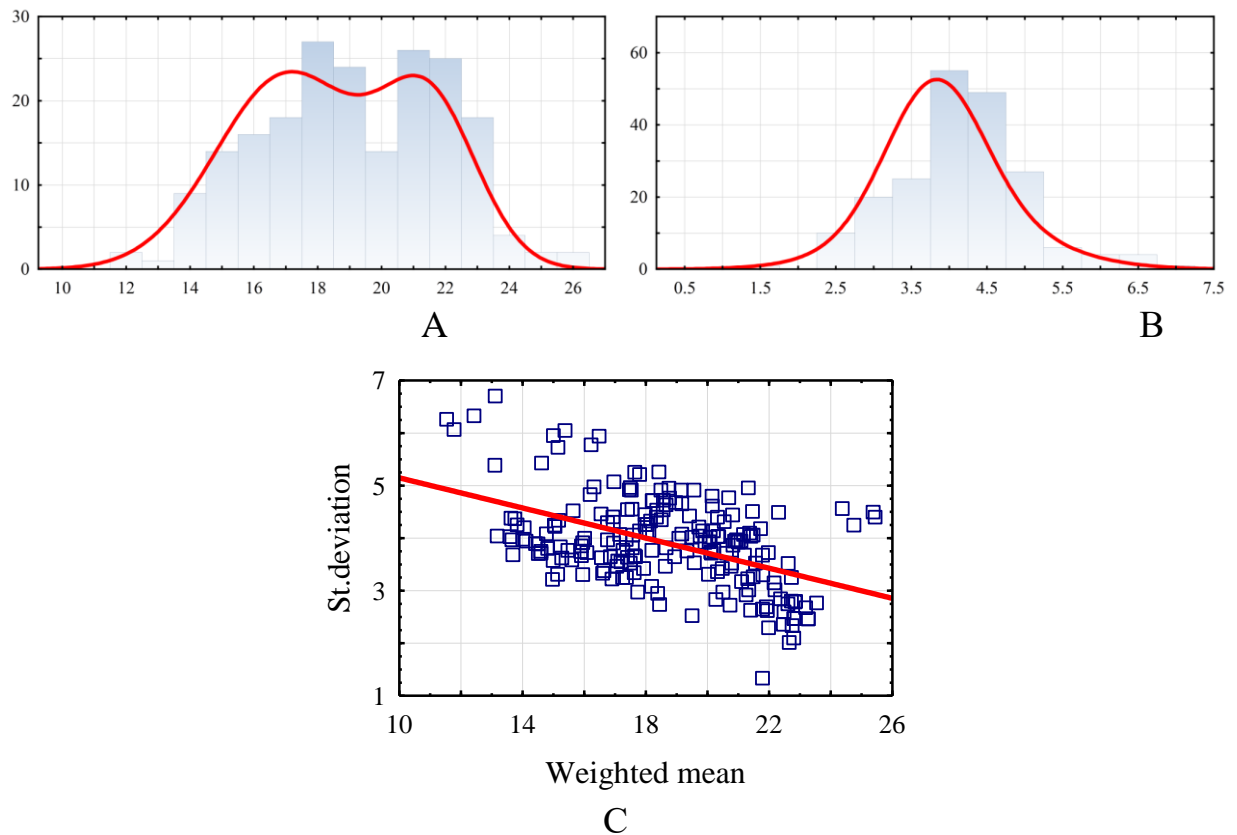


Рис. 5. Гістограми розподілів зважених за чисельністю видів тварин показників температури повітря (А) та зважених оцінок середньоквадратичного відхилення цього показника (В) та діаграма розсіювання показників оптимуму та толерантності, одержаних за методом середнього зваженого (С)

За оцінками оптимуму за ССА-підходом екологічні групи формують закономірну послідовність відповідно до їх ідентифікації. Еврімікротерми займають найбільш прохолодну частину градієнту термічних умов, за ними йдуть стеномікротерми, потім евримезотерми, а найбільш теплу частину термічного градієнту займають стеномезотерми. Суттєві відмінності різних методів в оцінці властивостей екологічних груп чітко проявляють себе при визначенні характеристик груп за методом зваженого середнього. За цим показником найбільш холодну частину діапазону займають стеномікротерми, наступними за ними йдуть евримікротерми. У свою чергу найбільш теплу частину діапазону займають евримезотерми, а більш прохолодним стаціям порівняно зі згаданою екологічною групою надають стеномезотерми. Таким чином, головний порядок між положенням мікро- та мезотермів зберігається за обидвама методами оцінки оптимумів, але змінюється взаємне положення в градієнті залежно від толерантності. За методом ССА рівень ширини екологічної ніші евритопних мікротермів значно ширший, ніж евритопних

мезотермів. Ширина екологічної ніші стенотопних мікротермів та мезотермів практично однакова. За методом зваженого середнього оцінка толерантності зменшується у послідовності від еврмікротермів до стеномезотермів. Множинний аналіз відповідностей дозволив показати, що між типами відгуків видів на вплив температури та трофічною спеціалізацією існує зв'язок.

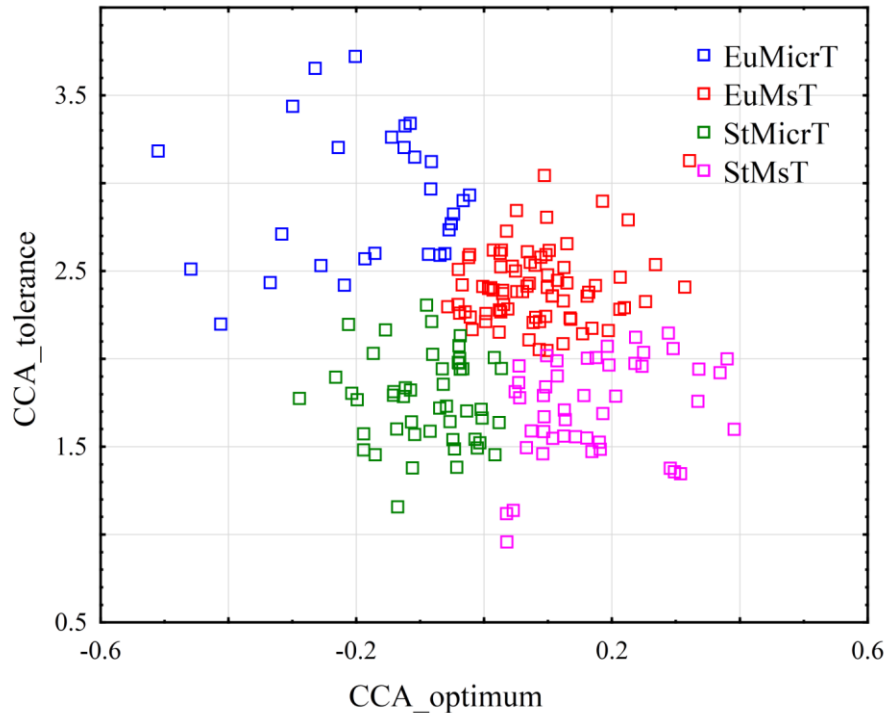


Рис. 6. Кластерний аналіз видів тварин за оцінками оптимуму та толерантності в градієнті температури на основі ССА-підходу за методом k -середніх. Кластери: EuMicrT – еврмікротерми, EuMsT – еврмезотерми, StMicrT – стеномікротерми, StMsT – стеномезотерми

Відгук фітофагів на температуру найбільш часто може бути описаний за допомогою моделей II та VII. Відгук зоофагів найчастіше описується моделями I, III та V. Відгук сапрофагів найчастіше є симетричним дзвіноподібним (модель V). Виділені екологічні групи за ознакою преферендуму певного температурного режиму також характеризуються найбільш типовими моделями відгуку. Стеномезотерми найчастіше описуються моделлю V. Особливість еврмезотермів порівняно з попередньою групою полягає в тому, що відгук цих видів на температуру частіше описується моделями III та VII. Еумікротерми описуються моделлю II та меншою мірою – I. Стеномікротерми найчастіше описуються моделями IV та VI. Стенотопні види найчастіше зустрічаються серед літніх та весінніх видів, а евритопні – серед літньо-осінніх або осінніх. Мікротерми найчастіше зустрічаються серед літніх та літньо-осінніх, а мезотерми – серед весняних або осінніх видів.

ВИСНОВКИ

1. Угрупування наземних безхребетних, сформоване в техногенній екосистемі після понад 50-річного періоду рекультивації, представлено 202 видами Arthropoda та Mollusca з 6 класів, 13 рядів, 50 родин. Двопарноногі є найбільш чисельною таксономічною групою, яка представлена тільки одним видом *Rossiulus kessleri* (Lohmander, 1927). Чисельність цього виду складає 49.4 % від загальної чисельності угруповання. Coleoptera та Araneae складають 22.4 та 18.2 % від загальної чисельності угруповання. Ці таксони є найбільш насиченими видами. Coleoptera представлені 122 видами, а Araneae представлені 67 видами.
2. Метеорологічні умови є найважливішими чинниками, які визначають часову динаміку популяцій та угруповань наземних безхребетних техноземів Нікопольського марганцеворудного басейну. Особливості водного режиму техноземів залежать як від їх водно-фізичних властивостей, так і від особливостей поверхні контакту ґрунту з навколишнім середовищем. Рослинний покрив, колір та характер поверхні ґрунту значно впливають на інтенсивність енергетичного та речовинного обміну ґрунту з навколишнім середовищем. Залежність між вологістю та альбедо поверхні техноземів утворює передумови формування механізму зворотного негативного зв'язку між вологістю та інтенсивністю евапотранспірації.
3. Динаміка в часі протягом вегетаційного сезону переважної більшості видів безхребетних описується бімодальною асиметричною моделлю (модель VII з переліку HOFJO), що підкреслює важливість впливу біотичних (конкурентних) взаємодій між видами. Встановлені типи часової динаміки безхребетних вказують на наявність складних та сформованих процесів регуляції чисельності тварин на порівняно молодих екологічних утвореннях, якими є техноземи. Часова динаміка видів безхребетних структурована у просторі та характеризуються наявністю регулярних часових патернів. Встановлено, що фітофаги переважають серед літньо-осінніх форм, а зоофаги – серед осінніх, та меншою мірою серед весняних або літніх.
4. В умовах аридного клімату та в екосистемі, сформованій у результаті процесу рекультивації, вміст вологи в ґрунті є найважливішим фактором, який визначає динаміку угруповання наземних безхребетних у часі. Оптимум та толерантність видів до впливу екологічних факторів пояснюють динаміку структури угруповання в часі. Урахування комплексу факторів та міжвидових взаємодій здатне значно відкоригувати оцінки оптимуму для багатьох видів. За умов дефіциту вологості фактори абіотичної природи є найважливішими, а за умов достатнього зволоження переважне значення мають біотичні фактори.
5. Температурні оптимуми безхребетних, які мешкають в умовах техноземів, варіюються в діапазоні від 11,5 до 25,4°C. Відгук безхребетних на вплив температури найкраще може бути описаний моделями VII та V з переліку HOFJO. Вплив температури на структуру угруповання безхребетних залежить від таких метеорологічних чинників як опади, вітер, вологість повітря та атмосферний тиск. Часова складова як закономірний перебіг

фенологічних процесів здатна пояснити 3–68 % варіювання структури угруповання. Тип техноземів у цілому визначає 12 % варіювання угруповання безхребетних. За значеннями оптимуму і толерантності до дії температурного фактору виділені наступні екологічні групи безхребетних: евримікротерми, евримезотерми, стеномікротерми та стеномезотерми.

Список публікацій здобувача в яких опубліковані основні наукові результати дисертації

У виданнях, які включені до наукометричних баз Web of Science та Scopus

1. Pakhomov, O. Ye., Kunakh, O. M., Babchenko, A.V., Fedushko, M. P., Demchuk, N. I., Bezuhla, L.S., Tkachenko, O.S. (2019). Temperature effect on the terrestrial invertebrate temporal dynamic in technosols formed after reclamation at a post-mining site in Ukrainian steppe drylands. *Biosystems Diversity* 27(4), 322–328. doi:10.15421/011942 (**Web of Science, Scopus**) (*особистий внесок: аналітичний огляд, підбір та опрацювання літератури, частковий збір та обробка експериментальних даних, формулювання висновків*).

2. Kunah, O. M., Zelenko, Y. V., Fedushko, M. P., Babchenko, A. V., Sirovatko, V. O., & Zhukov, O. V. (2019). The temporal dynamics of readily available soil moisture for plants in the technosols of the Nikopol Manganese Ore Basin. *Biosystems Diversity*, 27(2), 156–162. doi:10.15421/011921 011910 (**Web of Science, Scopus**) (*особистий внесок: аналітичний огляд, підбір та опрацювання літератури, частковий збір та обробка експериментальних даних, формулювання висновків*).

3. Babchenko, A.V., Fedushko, M.P., Timchiy, E.I., Sidashenko, O.I., Cherevan, Yu.A., Huska, Yu.A., Khalus, S.V. (2021). *Ukrainian Journal of Ecology*, 11(1), 338-350, doi: 10.15421/2020_302 (*особистий внесок: аналітичний огляд, підбір та опрацювання літератури, частковий збір та обробка експериментальних даних, формулювання висновків*).

4. Gritsan, Y. I., Kunah, O. M., Fedushko, M. P., Babchenko, A. V., Sirovatko, V. O., Zhukov O. V., & Kotsun, V. I. (2019). Albedo of the soil cover as a factor of the temporal dynamics of readily available soil moisture in the technosols of the Nikopol manganese ore basin. *Agrology*, 2(3), 161–169. doi: 10.32819/019024 (**Agricola**) (*особистий внесок: аналітичний огляд, підбір та опрацювання літератури, частковий збір та обробка експериментальних даних, формулювання висновків*).

Публікації в наукових фахових виданнях України

5. Babchenko, A. (2019). Temporal dynamics of the invertebrates species of the tehnosols within Nikopol manganese ore basin. *Lesya Ukrainka Eastern European National University Scientific Bulletin. Series: Biological Sciences*, 4(388). <https://doi.org/10.29038/2617-4723-2019-388-4-83-104>

6. Бабченко, А.В., Коваленко, Д.В. (2019). Порівняльна оцінка особливостей екологічних ніш наземних молюсків у різних типах техноземів Нікопольського марганцеворудного басейну. *Біоресурси і природокористування*, 11 (3–4),

<http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Bio/article/view/12769> (особистий внесок: аналітичний огляд, підбір та опрацювання літератури, частковий збір та обробка експериментальних даних, формулювання висновків).

Список публікацій, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

7. Бабченко А.В. (2019). Закономірності часової динаміки герпетобіонтних безхребетних в технозомах Нікопольського марганцеворудного басейну. Сучасний рух науки: тези доп. VIII міжнародної науково-практичної конференції, 3-4 жовтня 2019 р. Дніпро, 1, 70–73.
8. Бабченко, А. В. (2019). Динаміка угруповань ґрунтової макрофауни в технозомах Нікопольського марганцеворудного басейну. Наука та освіта: досягнення та стратегії розвитку: XXII Міжнародна науково-практична конференція: тези доповідей, Запоріжжя, 4 листопада 2019 р. Ч. 1. Дніпро: ГО «НОК», 33–36.
9. Babchenko A. V., Fedushko M. P. (2019). Effect of the environmental factors on the macrofauna community temporal dynamic in technosols formed after reclamation at a post-mining site in Ukrainian steppe drylands. Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах: Матеріали X Міжнародної наукової конференції “Zoocenosis–2019.”. Дніпро, 18–19.11.2019 р., Ліра, 23. (особистий внесок: аналітичний огляд, підбір та опрацювання літератури, частковий збір та обробка експериментальних даних, формулювання висновків).

АНОТАЦІЯ

Бабченко А. В. Динаміка безхребетних з екосистем, сформованих на технозомах Нікопольського марганцеворудного басейну. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук за спеціальністю 03.00.16 – екологія. – Державний вищий навчальний заклад "Український державний хіміко-технологічний університет", Дніпро, 2020.

У роботі встановлені закономірності часової динаміки популяцій наземних безхребетних з екосистем, які сформовані на технозомах Нікопольського марганцеворудного басейну. Вирішені такі завдання: встановлено характеристики різноманіття угруповань наземних безхребетних з екосистем, сформованих на технозомах; оцінено роль метеорологічних чинників як предикторів екологічної ніші наземних безхребетних у часовому аспекті; встановлено закономірності фенології видів безхребетних як відгук їх чисельності у градієнті часу; оцінено роль вологості ґрунту в часовій динаміці популяцій безхребетних техноземів; визначено показники оптимумів та толерантності видів безхребетних до температури з урахуванням впливу інших метеорологічних чинників, часових та просторових змінних. Об'єкт дослідження – угруповання та популяції наземних безхребетних техногенних екосистем Нікопольського марганцеворудного басейну (Україна). Предмет вивчення – закономірності часової динаміки популяцій наземних безхребетних під впливом метеорологічних факторів та вологості ґрунту в умовах штучно створених

грунтоподібних конструкцій – техноземів. У роботі вперше встановлено показники видового та таксономічного різноманіття угруповань наземних безхребетних техноземів, які сформувались протягом піввікової сільськогосподарської рекультивації. Показано, що адекватна оцінка оптимуму та толерантності екологічної ніші безхребетних в градієнті фактора можливе тільки з урахуванням впливу інших екологічних факторів, часових та просторових патернів та специфіки, зумовленої типом технозему. Запропоновано підхід для аналітичного виділення фенологічних груп безхребетних, а також екологічних груп за їх ставленням до вологості та температури. У дисертації удосконалено процедуру оцінки динаміки вологості техноземів за метеорологічними даними з урахуванням альbedo поверхності техноземів та набуто подальший розвиток концепції екологічної ніші Хатчинсона і способи її кількісної оцінки та принципи та методи екології техноземів.

Ключові слова: рекультивація, безхребетні, популяції, угруповання, екологічна ніша, динаміка, градієнт

SUMMARY

Babchanko A.V. Dynamics of invertebrates of the ecosystems formed on the Nikopol manganese ore basin technosols. – Qualifying scientific work as a manuscript.

Thesis for a Candidate Degree in Biological Sciences in specialty 03.00.16 – Ecology. – Ukrainian state university of Chemical Technology, Dnipro, 2019.

In the investigation the patterns of temporal dynamics of populations of invertebrates of the ecosystems formed on technosol of the Nikopol manganese ore basin were found. The following tasks were resolved: a set characteristics diversity of invertebrate communities of terrestrial ecosystems formed on technosol was revealed; the role of meteorological factors as predictors of ecological niches terrestrial invertebrates in the time aspect was assessed; the patterns of phenology of species a review of their strength gradient time were established; the role of soil moisture in time dynamics of populations of invertebrates technosols was assessed; indices of the optima and tolerance invertebrate species to temperature with the influence of other meteorological factors, time and spatial variables were found. The object of the study was the populations and communities terrestrial invertebrates of the artificial ecosystems of Nikopol manganese ore basin. The subject of the study are the patterns of temporal dynamics of populations of terrestrial invertebrates under the influence of meteorological factors and soil moisture in artificially created soil-like constructions – technosols. In the dissertation, the taxonomic groups were identified for the first time and indicators of species diversity of terrestrial invertebrate communities that live in technosols formed as a result of over half a century of agricultural reclamation were revealed. It was shown that adequate assessment of the environmental niche optimum and tolerance zone of invertebrate species is possible only taking into account the influence of other environmental factors, temporal and spatial patterns, as well as specifics, which depend on the type of technosols. An analytical approach was

proposed to identify the phenological groups of invertebrates as well as ecological groups with relation to humidity and temperature. As a result, the Penman-Monteith approach was adapted to assess the moisture content of soil for technosols, taking into account changes in albedo depending on moisture. This approach can provide an estimate calculated moisture content as a predictor of ecological niches invertebrates that can be practically applied for the forecast number as harmful to economic relations animals (phytophagous) and useful (and zoofahy phytophages). Information about the moisture dynamics of technosols can be used in agricultural practice to choose the best management strategies for reclaimed land. Approaches to assessment of environmental invertebrate niche parameters based on meteorological predictors can be used to create a long-term model of community dynamics based on prospective climate forecasts. This approach provides an opportunity to develop a set of real-time measures to optimize the environmental quality of technosols in a significant time perspective. It was found that terrestrial invertebrate communities formed in the artificial ecosystem after more than 50 years of agricultural reclamation are represented by 202 species of Arthropoda and Mollusca from 6 classes, 13 series, 50 families. Beetles and spiders are the most numerous taxonomic groups, accounting for 22.4 and 18.2% of the total community. These taxa are the most diverse in terms of species. Beetles are represented by 122 species and spiders by 67 species. It is shown that meteorological conditions are of significant importance, determining the temporal dynamics of populations and communities of terrestrial invertebrate technosols in the Nikopol manganese ore basin. The characteristics of the water regime depend on the water-physical properties of the technosols and the characteristics of soil surface contact with the environment. Vegetation, color and character of the soil surface greatly affect the intensity of energy and material exchange with the soil environment. Technosols are young soils, which have a large variability in surface color. This feature identifies significant variation of surface albedo technosols. Relationship between albedo and moisture creates prerequisites for the formation of the negative feedback mechanism of communication between the humidity and the intensity evapotranspiratsiyi. Reducing the water content in the soil leads to reduction of evaporation due to increased albedo. The accumulation of organic matter improves the physical properties of water-technosols, enabling better use of the potential climate. The dynamics of the time during the growing season number greatest number of species of invertebrates land reclamation describes asymmetric bimodal model (model VII from the list HOFJO). Bimodality biotic stresses the importance of (competitive) interactions between species. Bimodality may be due to biological heterogeneity of the population and the resulting migration. The established types of temporal dynamics of invertebrates indicate the presence of complex and existing processes regulate the number of animals at the relatively young environmental entities, which are technosols. The temporal dynamics of species of invertebrates structured in space and time are characterized by the presence of regular patterns on which the phenology, the following groups of animals: spring, summer, autumn, summer and autumn. Herbivores prevail among the summer-

autumn forms of zoophages – among autumn, and less of spring or summer. Reviewed summer gradient forms in time often described symmetric model V. Bell-shaped summer-autumn form characterized by feedback at the time, which can be described models of V, VI and VII. Spring forms often have a distribution model that best describes II and III. For older forms of typical model VII. It is proved that in a desert climate and ecosystem, which formed as a result of the reclamation process, the moisture content in the soil is the most important factor determining the dynamics of the group of terrestrial invertebrates at the time. Environmental features species such as optimum and tolerance to the effects of environmental factors explain the dynamics of the group structure at the time. Estimated weighted average value for the optimum characteristics type gives only a general idea about the ecological preferences of the species. Similarly, such a situation is for other indicators that do not include the impact of complex factors and interspecific interactions. Taking into account other factors and interspecific interactions can significantly adjust the optimum evaluation for a number of species. Deviations types of reviews on the impact of soil moisture on dzvinopodibnoyi symmetric shape in different parts of the range of humidity due to various factors. Given the shortage of moisture abiotic factors of nature is predominant. On the border with sufficient wetting overwhelming importance biotic factors. Not taking into account the role of soil moisture factor interaction with other factors led to a shift in species optimum estimates the central part of the range of humidity. Estimates tolerance without interaction can not be considered as acceptable. It is shown that temperature optimum invertebrates that live in conditions technosols, vary in the range of 11.5 to 25.4 °C. Review invertebrates on the effect of temperature can be described by seven models range HOFJO. Often, the best model is the V and VII and the vast majority of reviews on invertebrates temperature factor is asymmetric. Effect of temperature on the structure of invertebrate communities is complex. This effect depends on other meteorological factors such as precipitation, wind, humidity and atmospheric pressure. The time component as a natural course of phonological processes capable of 3-68% variation explained by the structure of the group. Type technosols generally determines 12% variation invertebrate groups. For optimum values of tolerance and action temperature factor environmental groups identified the following invertebrates: evrimikrotermy, evrimezotermiy, stenomikrotermiy and stenomezotermiy. Stenomezotermiy often described model V. Feature evrymezotermiy compared with the previous group is that these types of feedback on the temperature often described models III and VII. Eumikrotermiy II describes the model and to a lesser extent - I. Stenomicroterms often described model IV and VI. Stenotopni types most common among the elderly and The Spring species and evrytopni - among the summer-autumn or fall. Microtherm most common among the elderly and among the summer-autumn and mezotermiy - spring or fall among species. and euritopes – among the summer-autumn or fall. Microthermes are most common among the elderly and among the summer-autumn and mezotermes are most common among spring or fall among species, and euritopes - among the

summer-autumn or fall. Microtherm most common among the elderly and among the summer-autumn and mezotermes – spring or fall among species.

Keywords: reclamation, invertebrates, populations, communities, ecological niche, dynamics, gradient

АНОТАЦИЯ

Бабченко А.В. **Динамика беспозвоночных экосистем, сформированных на техноземах Никопольского марганцеворудного бассейна.** – Квалификационная научная работа на правах рукописи. Диссертация на соискание степени кандидата биологических наук по специальности 03.00.16 – экология. – Государственное высшее учебное заведение "Украинский государственный университет химических технологий", Днепр, 2020 год.

В работе установлены модели временной динамики популяций наземных беспозвоночных из экосистем, образованных на техноземах Никопольского марганцеворудного бассейна. Решены следующие задачи: установлены характеристики разнообразия сообществ наземных беспозвоночных из экосистем, сформированных на техноземах; оценена роль метеорологических факторов как предикторов экологических ниш наземных беспозвоночных в аспекте времени; установлены модели фенологии видов как отклик их численности в градиенте времени; оценена роль влажности почвы во временной динамике популяций беспозвоночных; оценены параметры оптимумов и толерантности видов беспозвоночных к температуре с учетом влияния других метеорологических факторов, временных и пространственных переменных. Объект исследования – сообщества и популяции наземных беспозвоночных антропогенных экосистем Никопольского марганцеворудного бассейна (Украина). Предмет исследования – закономерности временной динамики популяций наземных беспозвоночных под влиянием метеорологических факторов и влажности почвы в условиях искусственно созданных почвоподобных конструкций-техноземов. Установлены показатели видового и таксономического разнообразия сообществ наземных беспозвоночных, которые образовались в период полувекковой рекультивации. Показано, что адекватная оценка оптимума и толерантности экологических ниш беспозвоночных в градиенте фактора возможна только с учетом влияния других экологических факторов, времени и пространственных моделей и специфики типа технозема. Предложен подход для аналитического выделения фенологических групп беспозвоночных, а также экологических групп по их отношению к влажности и температуре. В диссертации усовершенствованы подходы оценки динамики влажности по метеорологическим данным с учетом поверхностного альбедо и дальнейшее развитие получила концепция экологической ниши Хатчинсона и способы ее количественной оценки, а также принципы и методы экологии техноземов.

Ключевые слова: рекультивация, беспозвоночные, популяции, сообщество, экологическая ниша, динамика, градиент

Підписано до друку 07.04.2021 р. Формат 60x90/16
Гарнітура Times. Друк різнографічний.
Папір офсетний. 0.9 ум.-друк. арк.
Тираж 100 прим. Зам № 1182

Віддруковано в Поліграфцентрі ФОП Кучугурний Ю.М.
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру №
2224000000073863 49000, м. Дніпро, вул. Воскресенська, 11
тел.: (096) 423-60-71