

Міністерство освіти і науки України
Мелітопольський державний педагогічний університет
імені Богдана Хмельницького
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

КОВАЛЕНКО ДАР'Я ВОЛОДИМИРІВНА

УДК 574.4

**УГРУПОВАННЯ НАЗЕМНИХ МОЛЮСКІВ (MOLLUSCA)
ТЕХНОЗЕМІВ НІКОПОЛЬСЬКОГО
МАРГАНЦЕВОРУДНОГО БАСЕЙНУ**

03.00.16 – екологія

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата біологічних наук

Дніпро – 2019

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі екологічної безпеки та раціонального природокористування Мелітопольського державного педагогічного університета імені Богдана Хмельницького Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: доктор біологічних наук, професор
Жуков Олександр Вікторович,
Мелітопольський державний педагогічний
університет імені Богдана Хмельницького

Офіційні опоненти: доктор біологічних наук, професор
Грицан Юрій Іванович,
Дніпровський державний аграрно-економічний
університет, проректор з наукової роботи

кандидат біологічних наук, старший науковий
співробітник
Гришко Віталій Миколайович,
Криворізький ботанічний сад НАН України,
старший науковий співробітник відділу оптимізації
техногенних ландшафтів

Захист відбудеться «20» грудня 2019 р. о 14-00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.051.04 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 ознайомитись у науковій бібліотеці Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара за адресою 49010, м. Дніпро, вул. Казакова, 8.

Автореферат розісланий «19» листопада 2019 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
кандидат біологічних наук, доцент



А.О.Дубина

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми дослідження. У Законі України «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки» як найбільш важливі проблеми розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства й держави зазначено технології сталого використання, збереження та збагачення біоресурсів і покращення їх якості й безпечності, збереження біорізноманіття та технології раціонального використання ґрунтів і збереження їх родючості. Видобування корисних копалин відкритим способом призвело до утворення великих площ порушених земель (Єстеревська, 2008). Значні території покривають промислові відвали, на яких відсутній родючий шар ґрунту (Demidov et al., 2013). Новий науковий напрямок – техногенне ґрунтознавство – розв’язує проблему створення штучних ґрунтів на територіях, які зазнали докорінних трансформацій (Zonn, Travleev, 1989; Травлеєв та ін., 2005). Під рекультивацією земель розуміють комплекс заходів, спрямованих на відновлення продуктивності та економічної цінності земель, а також покращення умов навколишнього середовища (Zhukov et al., 2017). Техногенні території, що утворились при винесенні на денну поверхню гірських порід, є якісно новими едафотехнічними компонентами екосистем зі специфічним складом і властивостями та взаємодією з навколишнім середовищем (Shemavnev et al., 2005). Видобуток корисних копалин відкритим способом призводить до повного руйнування всіх компонентів біогеоценозу: едафотопу, фіто- зоо- та мікробіоценозу (Бекаревич, 1971, 1976; Масюк, 1971). На початку біологічного освоєння техноземи характеризуються несприятливими едафічними властивостями, а у процесі біологічного етапу рекультивації більшість лімітуючих факторів (поживний режим, засолення, фізичні властивості) зменшують свій обмежувальний вплив (Забалуєв, 2010). Важливу наукову проблему становить виявлення механізмів, що сприяють збереженню екологічного різноманіття та формують біогеоценотичні зв’язки, які обумовлюють динаміку біологічної продуктивності в екосистемах (Brind’Amour et al., 2011).

Усе зазначене дає змогу констатувати актуальність вивчення закономірностей формування угруповань тварин на штучно створених у процесі рекультивації земель ґрунтоподібних конструкціях.

Зв’язок роботи з науковими програмами, планами та темами. Дисертаційна робота виконана у 2012–2018 рр. у межах наукової програми кафедри екології та зоології Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького як частина державних науково-дослідних тем: «Комплексні урбоекологічні дослідження селітебного ландшафту міста Мелітополя», № 0110U003219; «Оцінка стану природних та штучних екосистем північно-західного Приазов’я», № 0113U002248; «Інвентаризація міської фауни, растрове картування та створення атласу урбанізованих видів тварин малого міста (Північно-Західне Приазов’я)», № 0116U006756.

Мета дослідження. Метою роботи є встановлення закономірностей динаміки та стійкості угруповань і популяцій наземних моллюсків (Mollusca) техноземів Нікопольського марганцеворудного басейну.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання**:

- встановити закономірності варіювання властивостей едафотопу та рослинного покриву й оцінити їх значення як предикторів екологічних ніш наземних молюсків різних типів техноземів Нікопольського марганцеворудного басейну;
- встановити видовий склад угруповань наземних молюсків техноземів та виявити оптимальні конструкції техноземів для існування молюсків;
- виявити статистичні моделі, які найкраще описують розподіли чисельності популяцій молюсків у техноземах;
- встановити залежності типів розподілу чисельності молюсків від типів техноземів;
- оцінити стійкість угруповань молюсків;
- визначити роль фізичних властивостей техноземів (електричної провідності, агрегатного складу та твердості) як екогеографічних предикторів екологічної ніші наземних молюсків;
- показати значення фізіономічних типів рослинного покриву техноземів як екогеографічних предикторів екологічної ніші наземних молюсків;
- перевірити гіпотезу про залежність структури екологічної ніші наземних молюсків від екологічних факторів, встановлених на основі фітоіндикаційних оцінок.

Об’єкт дослідження – угруповання та популяції наземних молюсків техногенних екосистем Нікопольського марганцеворудного басейну (Україна).

Предмет дослідження – закономірності динаміки та стійкості угруповань наземних молюсків та особливості екологічних ніш окремих видів в умовах штучно створених ґрунтоподібних конструкцій – техноземів.

Методи дослідження. Для оцінки просторової варіабельності наземних молюсків у межах експериментального полігону були розміщені ґрунтово-зоологічні проби розміром 0,5×0,5 м, які перебували в межах регулярної сітки 7×15 м з інтервалом у 3 м між сусідніми пробами; для вимірювання твердості ґрунту застосовувався пенетрометр Eijkelkamp, для вимірювання електропровідності ґрунту – прилад HI 76305, агрегатний склад техноземів встановлений за допомогою методу сухого просіювання. Фітоіндикаційні оцінки екологічних режимів встановлені за Я. П. Дідухом (2011). Статистичні розрахунки проведені за допомогою програми Statistica 7.0 і програмної оболонки Project R “R: A Language and Environment for Statistical Computing” (<http://www.R-project.org/>), геостатистичні розрахунки проведені за допомогою програми Surfer 11.0, ГІС-база даних підготовлена за допомогою ESRI ArcMap 10.0. Таксономія та номенклатура молюсків наведена за базою даних Fauna Europaea рослин – за В. В. Тарасовим (2012). Усього було відібрано 3780 ґрунтово-зоологічних проб, у яких було виявлено 32626 екземплярів молюсків.

Наукова новизна отриманих результатів.

Уперше:

- доведено значення едафічних властивостей техноземів (електрична провідність, твердість та агрегатний склад) та особливостей рослинного покриву (структура фізіономічних типів та екологічні режими, які оцінені за допомогою фітоіндикації) як предикторів екологічної ніші наземних молюсків техноземів;

- встановлений інваріантний характер у часі та видоспецифічний і особливий для техноземів характер розподілів чисельності популяцій молюсків на тлі значної просторово-часової варіабельності чисельності популяцій;
- доведена стійкість угруповань молюсків техноземів та висловлені гіпотези, які пояснюють механізми стійкості угруповань;
- встановлені особливості екологічних ніш наземних молюсків техноземів.

Удосконалено:

- процедуру цифрового дешифрування знімків поверхні Землі з метою кількісної оцінки проективного покриття різних фізіономічних типів.

Набули подальшого розвитку:

- концепція екологічної ніші Хатчинсона (1957, 1965) і способи її кількісної оцінки й відображення в екологічному та географічному просторі;
- принципи та методи фітоіндикації екологічного простору тварин за О. М. Кунах (2018);
- принципи та методи екології техноземів (Жуков та ін., 2017).

Практичне значення отриманих результатів. У результаті проведеної роботи розроблений підхід для дешифрування цифрових знімків поверхні Землі з метою виявлення проективного покриття рослинності та окремих категорій рослинного покриву – фізіономічних типів. Цей підхід є альтернативою широко поширеному окомірному методу й дає можливість одержати кількісні та об'єктивні оцінки стану рослинного покриву, які можна застосовувати як для моніторингу стану рослинності у процесі біологічного етапу рекультивациі, так і для вимірювання екогеографічних предикторів екологічної ніші наземних тварин у тому числі й молюсків. Практичним результатом роботи є також те, що поряд з оцінками чисельності популяцій як фундаментальної її характеристики слід застосовувати показники відповідності спостережуваних розподілів чисельності молюсків теоретичним моделям. Відповідність певній моделі вказує на якісний стан популяції, що дуже важливо для досягнення цілей моніторингу та екологічної оцінки стану земель, що рекультивуються.

Основні теоретичні положення й матеріали дисертації застосовуються при викладанні дисциплін «Екологія», «Зоологія безхребетних», «Навчальна практика по зоології», «Системний аналіз в екології», «Методи моделювання екологічних систем», «Біоіндикація» у Мелітопольському державному педагогічному університеті імені Богдана Хмельницького.

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 висвітлення у висновках, науковій новизні та практичних рекомендаціях, є науковим результатом автора дисертації.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи та результати досліджень доповідались і обговорювались на щорічних засіданнях кафедри екологічної безпеки та раціонального природокористування; на науково-

практичних конференціях професорсько-викладацького складу Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького (м. Мелітополь, 2012–2019 рр.); на II Міжнародній конференції з екологічних досліджень лісових біогеоценозів в умовах степової зони України (м. Дніпро, 14–15 листопада 2018 р.); на XIX Міжнародній науковій конференції молодих учених та студентів «Соціально-економічний розвиток України: цивілізаційний вибір» (м. Мелітополь, 26 квітня 2019 р.); на V Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні питання біологічної науки» (м. Ніжин, 16 квітня 2019 р.); на XIII Міжнародній конференції «Science and society» (м. Гамільтон, Канада, 19 липня 2019 р.).

Публікації. Основні матеріали дисертаційної роботи опубліковані в 14 наукових працях, з них 2 – у виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз Web of Science або Agricola, 6 – що входять до переліку фахових, 4 – матеріали наукових конференцій, 2 – що додатково відображають наукові результати дисертації.

Структура й обсяг роботи. Дисертаційна робота викладена на 294 сторінках комп'ютерного тексту й складається зі вступу, 5 розділів, висновків, літератури та додатків. Вона містить 46 таблиць і 40 рисунків. Список використаної літератури містить 263 джерела, 201 з яких – англійською мовою.

Подяки. Автор щиро вдячний за участь у збиранні та в таксономічному визначенні видів рослин Г. О. Бондар, К. П. Масліковій, Д. С. Ганжі, К. В. Андрусевич, у збиранні наземних молюсків О. В. Жукову та К. В. Андрусевич, у збиранні ґрунтових зразків та визначенні едафічних властивостей О. В. Жукову, Г. О. Задорожній та В. І. Коцун, за перевірку правильності визначення молюсків С. С. Крамаренку.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У першому розділі – «**Екологічні особливості техноземів як середовища існування живих організмів**» – розглянуто методичні підходи до оцінки антропогенної трансформації екосистем, наведено аналіз проблеми антропогенних оселищ та їх екологічних режимів. Увагу приділено факторному аналізу екологічної ніші тварин та підходам до оцінки стійкості угруповань тварин.

У другому розділі – «**Матеріали та методи**» – описано дослідження, які проводились протягом 2012–2014 рр. на ділянці рекультиватії Нікопольського марганцеворудного басейну в м. Покров. Експериментальна ділянка з вивчення оптимальних режимів сільськогосподарської рекультиватії була створена протягом 1968–1970 рр. на зовнішньому відвалі Запорізького марганцеворудного кар'єру. На ділянці були створені штучні едафотопи двох типів. Перший – на спланованій суміші розкритих порід з відсипанням на їх поверхню різних за потужністю шарів чорноземної маси. Другий становив сплановані розкриті породи товщиною 2 м, що були винесені з різних глибин. Об'єктами дослідження були обрані дерново-літогенні ґрунти на червоно-бурих глинах, сіро-зелених глинах, лесоподібних суглинках та педозем. На сьогодні тип рослинності репрезентований бобово-злаковою сумішшю та різнотрав'ям. У межах кожного типу техноземів був

розміщений дослідний полігон – регулярну сітку, що складається з сайтів відбору проб розміром $0,5 \times 0,5$ м, відстань між якими становить 3 м і складається з 7 трансект по 15 проб (рис. 1). Відповідно його розміри становлять 18×42 м. Молюсків збирали руками. Переважна більшість молюсків перебувала у верхньому шарі ґрунту або на рослинах. Облік молюсків проводили тричі на рік: навесні (травень), влітку (червень) та восени (вересень).

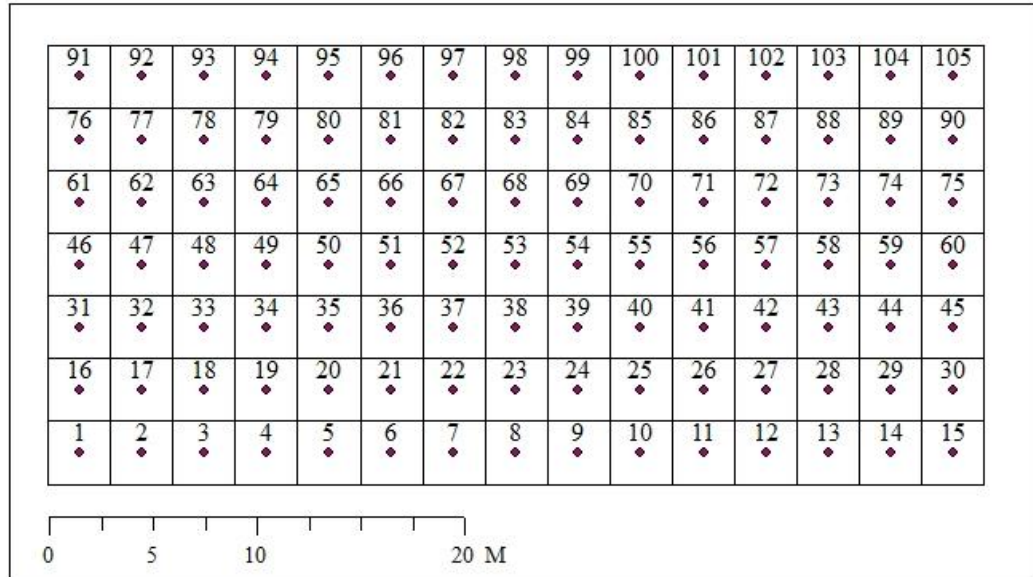


Рис. 1. Схема розміщення точок відбору проб молюсків (точки 1–105) та пробних ділянок квадратної форми розміром 3×3 м, де виконувались геоботанічні описи рослинності.

Для вимірювання твердості було використано ручний пенетрометр Eijkelkamp. Вимірювання електричної провідності ґрунту (*apparent soil electrical conductivity* – ЕСa) за допомогою сенсора HI 76305 (Hanna Instruments, Woodsocket, RI). При фітоіндикаційному оцінюванні шкали наведено за Я. П. Дідухом (2011). До едафічних фітоіндикаційних шкал належать показники гідроморфа (Hd), змінності зволоження (fH), аерації (Ae), режиму кислотності (Rc), сольового режиму (Sl), вмісту карбонатних солей (Ca), вмісту засвоюваних форм азоту (Nt). До кліматичних шкал належать показники терморезиму (Tm), омброрезиму (Om), кріорезиму (Cr) і континентальності клімату (Kn). Крім зазначених, виділяється ще шкала освітлення (Lc), яку характеризують як мікрокліматичну шкалу. Теплові властивості ґрунтів індикуються шкалою терморезиму, а гідротермічні – шкалою омброрезиму.

Динамічну поведінку популяції схарактеризували за допомогою швидкості зміни чисельності, яка може бути встановлена через чисельне диференціювання ряду чисельності популяції:

$$\frac{\Delta x_{i,j}}{\Delta t} = x_{i+1,j} - x_{i,j},$$

де x_i та x_{i+1} чисельність j -ї популяції в моменти часу i та $i+1$ відповідно. Часовий лаг i складав час між обліками весна – літо та літо – осінь. Дослідження динаміки угруповання на предмет стійкості виконано за О. М. Ляпуновим.

У третьому розділі – «Просторово-часова варіабельність екогеографічних предикторів екологічної ніші наземних молюсків техноземів» – розроблено

методичні підходи для кількісної оцінки фізіономічних типів рослинності та їх ідентифікації за допомогою дешифрування цифрових знімків. Візуальний аналіз цифрових зображень поверхні досліджуваних ділянок дав можливість виявити кілька типів образів. Насамперед це відкрита поверхня ґрунту. Відмінність між усією поверхнею та відкритою ґрунтовою поверхнею відповідає проективному покриттю рослинності. За кольоровими характеристиками також можна виділити рослинні види, що домінують, або рослинні асоціації. Результати розпізнавання окремих видів або груп видів ми називаємо фізіономічним типом. Окремий тип образів, які добре ідентифікуються на знімках, становить сухостій – мертві рослини, позбавлені зеленого кольору. Відмерлі рослини є фотосинтетично неактивними, але несуть у собі значну кількість речовини та енергії. На знімках сухостій чітко виділяється за характерним світлим тоном забарвлення. Важливу групу в рослинному покриві становлять злаки. Переважними видами серед злаків є бромус розчепірений (*Bromus squarrosus* (L.)), житняк гребінчастий (*Agropyron cristatum* (L.) Gaertn.), пирій повзучий (*Elymus repens* (L.) Gould). Функціонально та візуально ця група видів є досить однорідною, тому вони об'єднані в один фізіономічний тип. За габітусом та специфічним відтінком зеленого кольору помітно виділяються рослини жабриці рівнинної (*Seseli campestre* Besser), які виокремлені у відособлений фізіономічний тип. Проективне покриття цього виду становить 12,27–14,40 % у різних типах техноземів. Латук татарський (*Lactuca tatarica* (L.) C. A. Mey) і латук компасний (*Lactuca serriola* (L.)) характеризуються колірною специфічністю та становлять 2,71– 11,77 % проективного покриття в різних типах техноземів. Ці види виокремлені в один фізіономічний тип. Важливе функціональне значення мають бобові рослини, які в техноземах представлені переважно люцерною посівною (*Medicago sativa* (L.)) й еспарцетом виколистим (*Onobrychis viciifolia* Scop.). Проективне покриття бобових варіює від 3,74 до 21,76 %. Фізіономічні типи, виокремлені нами за запропонованим алгоритмом, дають можливість кількісно схарактеризувати властивості рослинного покриву. Ці кількісні характеристики мають зв'язок з таксономічним аспектом структури рослинності тільки в найбільш загальному вигляді, оскільки таксономічне багатство рослинності значно вище. Безумовною перевагою кількісних показників фізіономічних типів є функціональна насиченість їх змісту та формальність (об'єктивність) процедури визначення. Перевагою є також швидкість одержання польових матеріалів, можливість їх збереження на цифрових носіях, що дає змогу повернутися до них за необхідності. Можливість одержувати значні обсяги польових даних у комбінації з фіксацією координат відбору проб дають змогу розглядати фізіономічні типи як важливий інструмент створення баз просторово координованих даних. Фізіономічні типи рослинного покриву можуть виступати як кількісні характеристики рослинності, а також можуть розглядатися як екогеографічні змінні для опису екологічних умов існування інших компонентів екосистем.

Дослідження екологічних властивостей техноземів показало високу стабільність їх показників у часі. Рівень електричної провідності верхнього ґрунтового шару техноземів не перевищує критичного показника, вище якого спостерігається фітотоксичний ефект. Показники твердості перевищують критичний рівень у 3 МПа вже з глибини 5–10 см. Просторове варіювання показників твердості техноземів може впливати на особливості просторової організації рослинного угруповання та на особливості розміщення наземних молюсків.

У четвертому розділі – «Динаміка чисельності та стійкість угруповань молюсків техноземів» – у межах досліджених техноземів було встановлено наявність чотирьох видів наземних молюсків: *Brephulopsis cylindrica* (Menke, 1828), *Monacha (Monacha) cartusiana* (O. F. Muller, 1774), *Chondrula tridens* (O. F. Muller, 1774), *Helix (Helix) lucorum* (Linnaeus, 1758). Одержані дані свідчать про те, що чисельність молюска *Brephulopsis cylindrica* (Menke, 1828) у досліджених біотопах варіює в межах від 3.68 ± 0.43 до 74.55 ± 4.46 екз./м² (рис. 2).

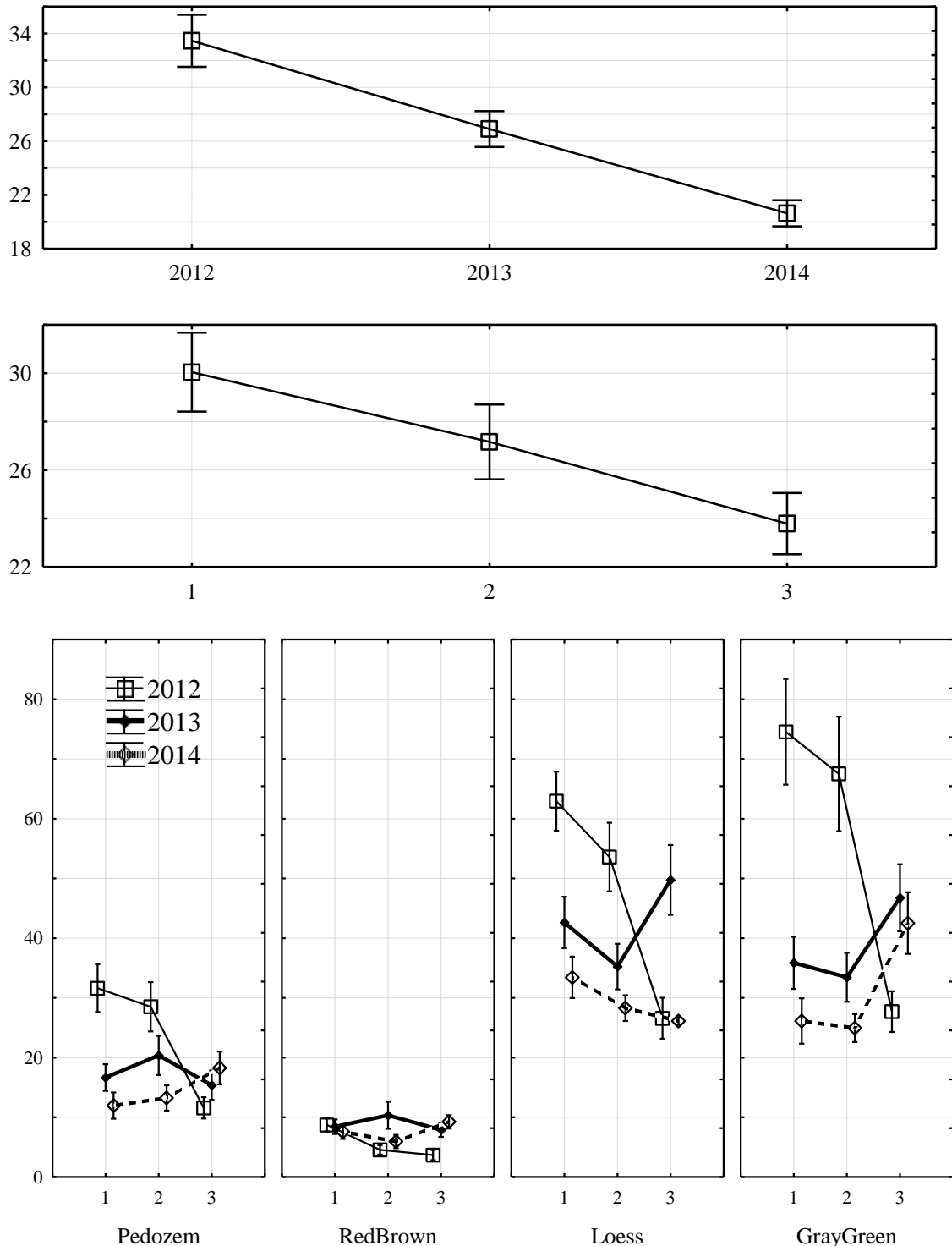


Рис. 2. Динаміка чисельності популяції *Brephulopsis cylindrica* (Menke, 1828) у різних типах техноземів (середня \pm 95 % довірчий інтервал, в екз./м²).

Примітка: Сезони: 1 – весна; 2 – літо; 3 – осінь; техноземи: Pedozem – педозем; RedBrown – дерново-літогенний ґрунт на червоно-бурій глині; Loess – дерново-літогенний ґрунт на лесоподібному суглинку; GrayGreen – дерново-літогенний ґрунт на сіро-зеленій глині.

Чисельність населення молюсків статистично вірогідно відрізняється між дослідженими типами техноземів (множинний критерій Краскала-Уолліса $H = 1812.7$, $p < 0.001$). Найбільш сприятливі умови для цього виду молюсків формуються в дерново-літогенних ґрунтах на сіро-зелених глинах та на лесоподібних суглинках. Менш сприятливі умови формуються в біотопах у педоземах, а найбільш екстремальними є дерново-літогенні ґрунти на червоно-бурих глинах. Упродовж досліджуваного періоду встановлено тенденцію зниження чисельності *Brephulopsis cylindrica* по роках ($H = 52.3$, $p < 0.001$). Загальною особливістю є тенденція зменшення чисельності молюсків протягом року ($H = 24.6$, $p < 0.001$). Але залежно від типу технозему щороку можуть спостерігатися відхилення від вказаної закономірності. Так, у 2012 р. по усіх техноземах чисельність молюска зменшувалась протягом року. У 2013 р. влітку на лесах та сіро-зелених глинах спостерігався локальний мінімум чисельності, а в педоземах та на червоно-бурих глинах, навпаки, влітку спостерігався локальний максимум чисельності *Brephulopsis cylindrica*. У 2013 р. в усіх типах техноземів, за винятком лесоподібних суглинків, восени спостерігався локальний максимум чисельності. У дерново-літогенних ґрунтах на лесоподібних суглинках локальний максимум спостерігався навесні.

Відхилення від загальної тенденції зниження чисельності протягом року можливе за умов загального низького рівня чисельності молюсків навесні. Можна припустити, що за умов високої щільності популяції головним механізмом зміни чисельності протягом року є смертність та (або) еміграція, а за умов низької щільності головним механізмом є імміграція.

Чисельність молюска *Monacha (Monacha) cartusiana* (O. F. Muller, 1774) у досліджених біотопах варіює в діапазоні від 2.25 ± 0.27 до 18.64 ± 1.08 екз./м² (рис. 3).

Чисельність *M. cartusiana* статистично вірогідно відрізняється між дослідженими типами техноземів (множинний критерій Краскала-Уолліса $H = 324.14$, $p = 0.000$). Найбільш сприятливі умови для цього виду молюсків формуються в дерново-літогенних ґрунтах на лесоподібних суглинках та на червоно-бурих глинах. Менш сприятливі умови формуються в біотопах на дерново-літогенних глинах на сіро-зелених глинах, а найбільш екстремальними є педоземи. Протягом періоду досліджень найбільша чисельність *M. cartusiana* спостерігалась у 2012 р., а мінімальна – у 2013 р. Межирічні розбіжності чисельності статистично вірогідні ($H = 125.9$, $p = 0.00$). Для усієї вибірки роль сезонних змін чисельності протягом року статистично вірогідна ($H = 38.60$, $p = 0.00$). Загальною тенденцією є зниження чисельності молюсків влітку та стабілізація чисельності в період літо – осінь. Чисельності влітку та восени статистично вірогідно не розрізняються ($H = 1.53$, $p = 0.37$). Найбільш чітко тенденція зменшення чисельності протягом року спостерігалась у 2012 р. по усіх типах техноземів. У 2013 р. зниження чисельності протягом року відбулось тільки в педоземах та дерново-літогенних ґрунтах на червоно-бурій глині. У цьому році в техноземах на лесоподібних суглинках та на сіро-зелених глинах відбулося зростання чисельності молюсків восени. У 2014 р. на тлі загального низького рівня чисельності відбувались флуктуаційні коливання чисельності *M. cartusiana* протягом року в досліджених типах техноземів. Для червоно-бурих глин та лесоподібних суглинків характерна тенденція зниження чисельності протягом сезону з більш різким перепадом чисельності між весною та літом. Для педоземів характерна стабільна чисельність цього молюску протягом

року, а для сіро-зелених глин характерний літній мінімум чисельності та компенсаційне зростання чисельності восени.

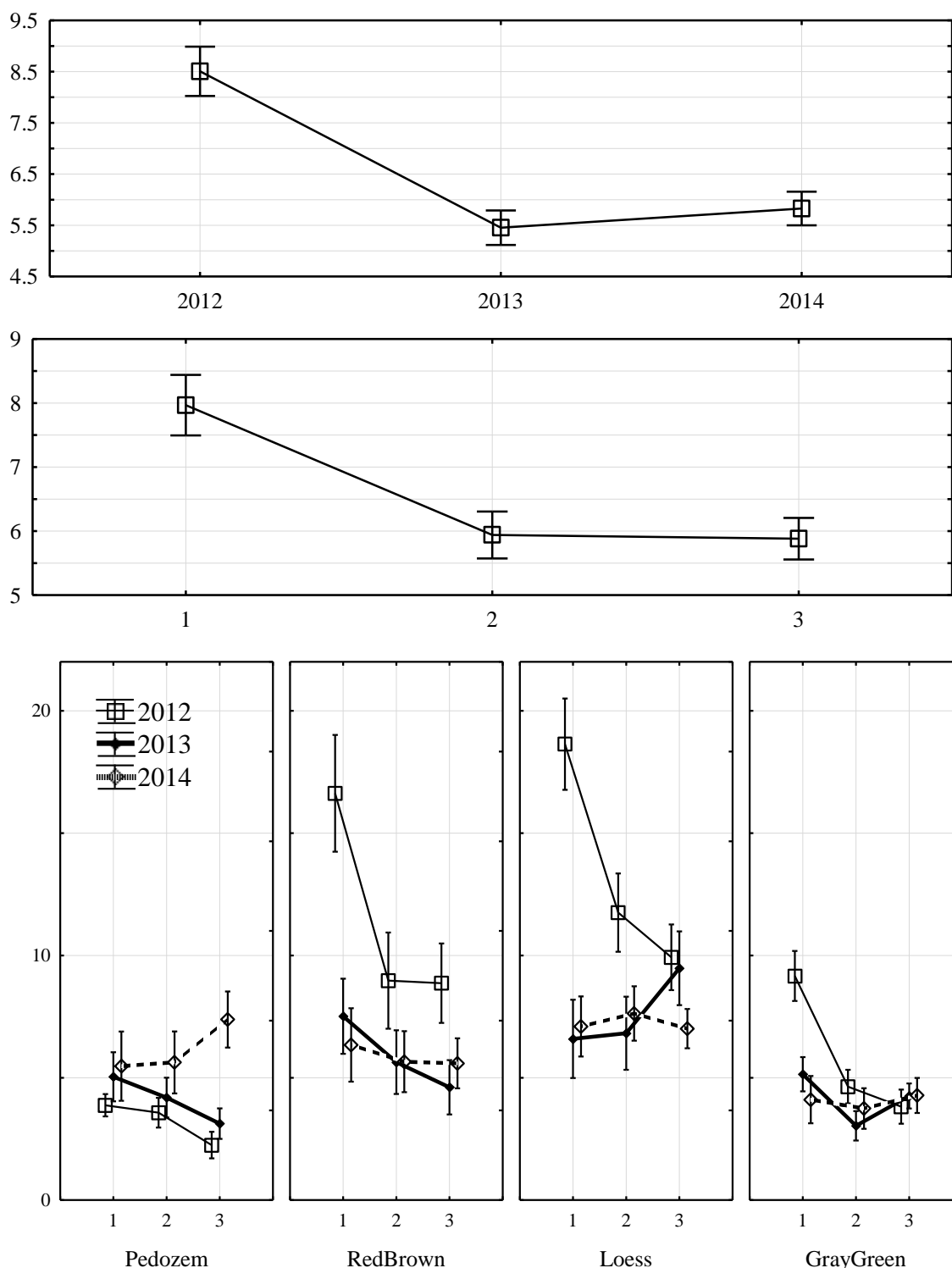


Рис. 3. Динаміка чисельності популяції *Monacha (Monacha) cartusiana* (O. F. Muller, 1774) у різних типах техноземів (середня±ст. помилка, в екз./м²).

Примітка: сезони: 1 – весна; 2 – літо; 3 – осінь; техноземи: Pedozem – педозем; RedBrown – дерново-літогенний ґрунт на червоно-бурій глині; Loess – дерново-літогенний ґрунт на лесоподібному суглинку; GrayGreen – дерново-літогенний ґрунт на сіро-зеленій глині.

Чисельність *Chondrula tridens* (O. F. Muller, 1774) варіює у межах від 1.38 ± 0.20 до 11.90 ± 1.06 екз./м² (рис. 4). Чисельність населення молюсків статистично

вірогідно відрізняється між дослідженими типами техноземів (множинний критерій Краскала-Уолліса $H = 81.04$, $p = 0.000$). Найбільша щільність населення *Chondrula tridens* для дерново-літогенних ґрунтів на лесоподібних суглинках. Значно менша щільність населення цього моллюска на червоно-бурих глинах, та найменша – в педоземах та сіро-зелених глинах (щільність населення у двох останніх техноземах статистично вірогідно не розрізняється $H = 0.58$, $p = 1.00$).

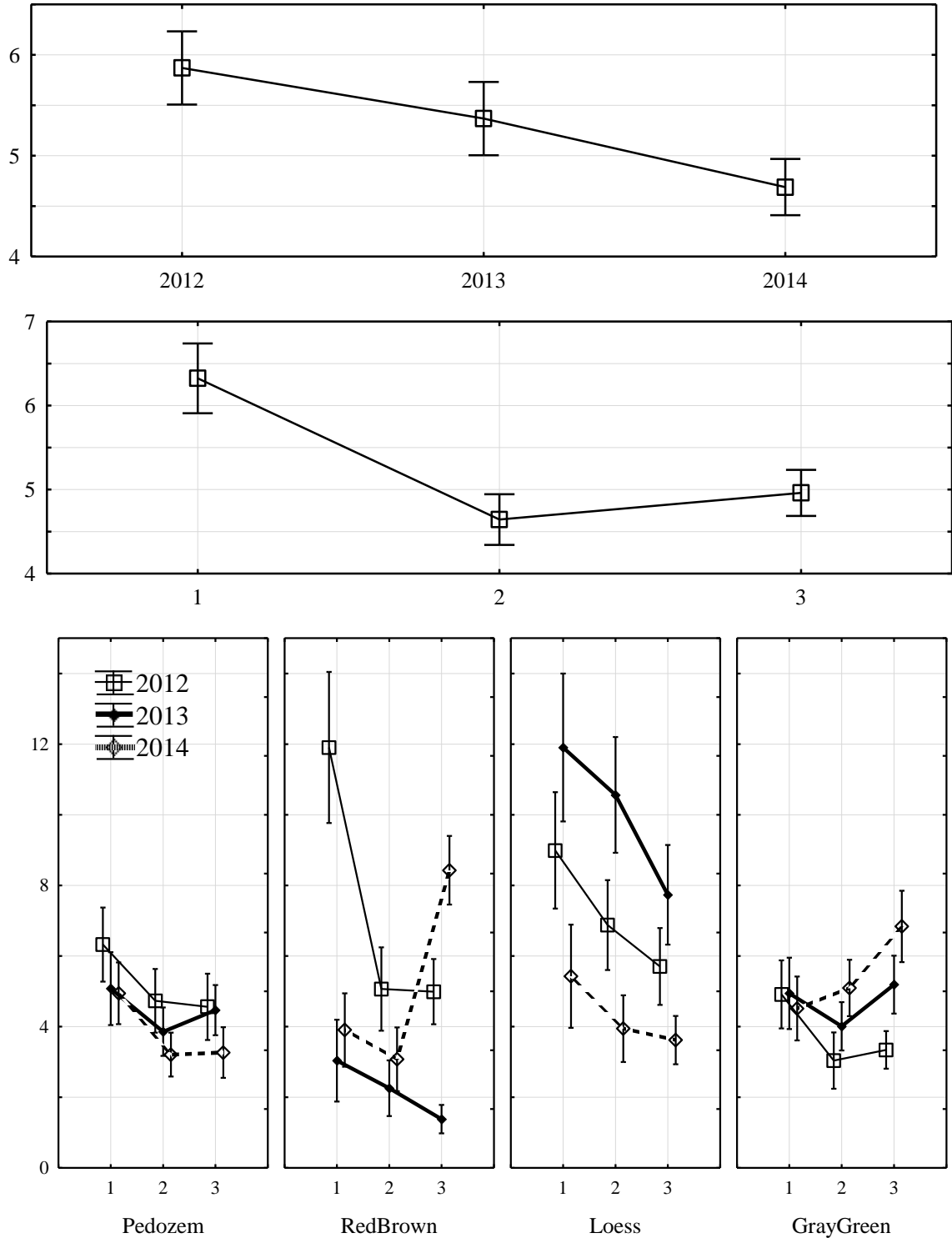


Рис. 4. Динаміка чисельності популяції *Chondrula tridens* (O. F. Muller, 1774) у різних типах техноземів (середня \pm ст. помилка, в екз./м²).

Примітка: сезони: 1 – весна; 2 – літо; 3 – осінь; техноземи: Pedozem – педозем; RedBrown – дерново-літогенний ґрунт на червоно-бурій глині; Loess – дерново-літогенний ґрунт на лесоподібному суглинку; GrayGreen – дерново-літогенний ґрунт на сіро-зеленій глині.

Протягом періоду досліджень по роках спостерігалось зниження чисельності *Chondrula tridens* ($H = 21.66, p = 0.000$). У сезонному аспекті динаміка чисельності характеризується максимумом навесні та мінімумом – влітку. Осіннє зростання чисельності незначне проти рівня чисельності населення *Chondrula tridens* влітку. Сезонний патерн чисельності є статистично вірогідним ($H = 34.78, p = 0.000$). Відмінності чисельності влітку та восени – статистично не вірогідні ($H = 1.86, p = 0.18$). Слід відзначити, що залежно від типу технозему та щороку спостерігаються суттєві відхилення від встановленого сезонного патерну мінливості чисельності *Chondrula tridens*. Для лесоподібних суглинків характерна низхідна динаміка чисельності *Chondrula tridens* протягом усього року.

З меншою амплітудою варіювання аналогічний патерн характерний також для педоземів. Значна варіабельність сезонної динаміки характерна для червоно-бурих глин. У 2012 р. після спалаху чисельності весною відбулось різке зниження чисельності влітку та подальша стабілізація восени. У 2013 р. спостерігалось монотонне зниження чисельності протягом усього року з дуже низьким стартовим показником навесні. У 2013 р. вслід за локальним мінімумом чисельності влітку відбувся спалах численності восени.

Молюск *Helix (Helix) lucorum* (Linnaeus, 1758) стабільно зустрічається в дерново-літогенних ґрунтах на лесоподібних суглинках та часто стабільно зустрічався у 2012 та 2013 рр. у біотопі на сіро-зеленій глині. На педоземі цей вид відмічений двічі, а на червоно-бурій глині – тільки один раз (табл. 1). У біотопі на червоно-бурій глині чисельність *Helix lucorum* сягає 1.60 ± 0.25 екз./м², а на сіро-зеленій глині – 0.50 ± 0.13 екз./м². У педоземі чисельність цього виду не перевищувала 0.34 ± 0.11 екз./м², а в біотопі на червоно-бурій глині – 0.04 ± 0.04 екз./м².

Таблиця 1

Чисельність популяцій *Helix (Helix) lucorum* (Linnaeus, 1758) у різних типах техноземів (середня \pm ст. помилка, в екз./м²)

Тип технозему	Рік	Термін відбору		
		1	2	3
Дерново-літогенний ґрунт на червоно-бурій глині	2012	–	–	–
	2013	–	–	–
	2014	0.04 \pm 0.04	–	–
Дерново-літогенний ґрунт на лесоподібному суглинку	2012	1.60 \pm 0.25	0.46 \pm 0.15	0.69 \pm 0.16
	2013	0.53 \pm 0.17	1.07 \pm 0.22	0.72 \pm 0.17
	2014	0.53 \pm 0.14	0.30 \pm 0.13	0.30 \pm 0.13
Педозем	2012	0.04 \pm 0.04	–	–
	2013	–	0.34 \pm 0.11	–
	2014	–	–	–
Дерново-літогенний ґрунт на сіро-зеленій глині	2012	0.38 \pm 0.13	0.19 \pm 0.08	0.19 \pm 0.08
	2013	0.11 \pm 0.07	0.27 \pm 0.10	0.50 \pm 0.13
	2014	–	0.04 \pm 0.04	–

Примітка: 1 – весна; 2 – літо; 3 – осінь.

Для населення *Helix lucorum* дерново-літогенних ґрунтів на лесоподібних суглинках встановлена тенденція зменшення чисельності протягом періоду

досліджень. Для сіро-зелених глин чисельність виду в 2012 та 2013 рр. була стабільною, а в 2013 р. відбулось її зниження. Фрагментарні збори *Helix lucorum* в інших типах техноземів не дають змогу відтворити тенденції динаміки виду в них. На лесоподібних суглинках протягом року для динаміки *Helix lucorum* встановлений максимум чисельності навесні, який змінюється меншим плато влітку та восени. Для сіро-зелених глин спостерігається тенденція збільшення чисельності протягом усього року.

Варіювання чисельності молюсків у просторі та часі в межах досліджених полігонів певним чином пов'язане. Попарне графічне порівняння вказує на те, що між чисельністю видів існує позитивний кореляційний зв'язок, наявність якого можна пояснити спільними рисами екології наземних молюсків у цілому (рис. 5).

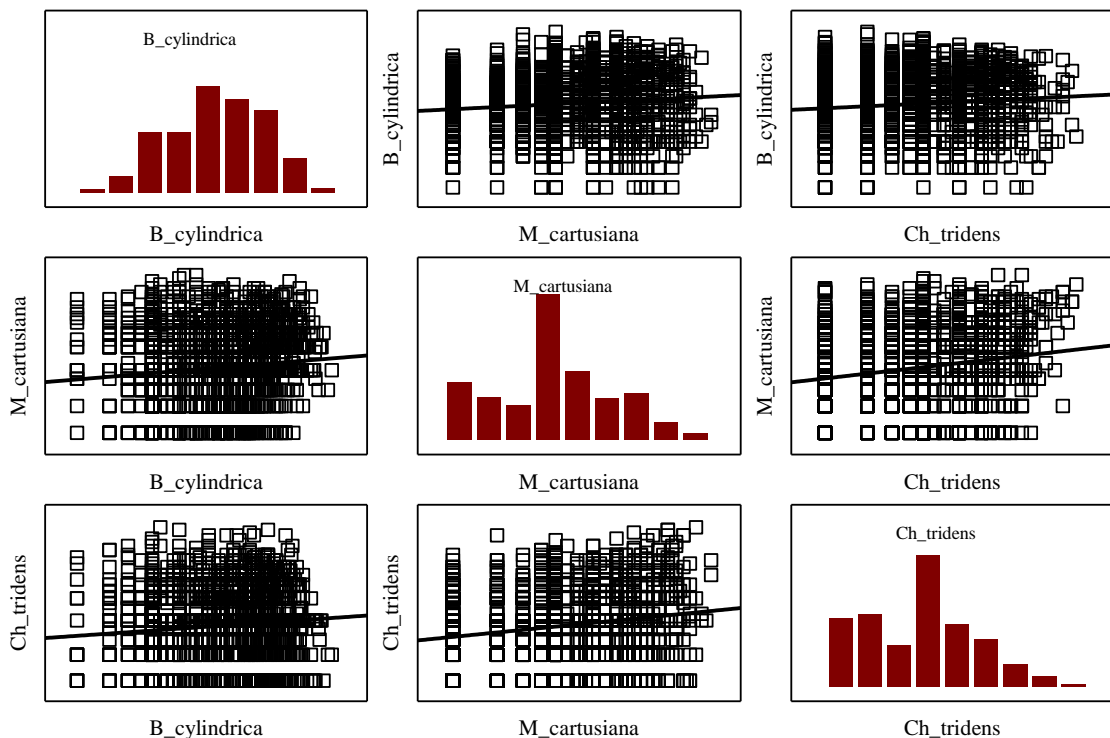


Рис. 5. Гістограми розподілу чисельності видів молюсків (логарифмовані дані) та попарні діаграми розсіювання.

У цілому по всіх полігонах та за період досліджень найбільшим кореляційним зв'язком характеризується пара видів *Ch. tridens* та *M. cartusiana*. Характер міжвидових зв'язків має свою специфіку залежно від типу біогеоценозу. Так, на сіро-зелених глинах найбільшим кореляційним зв'язком характеризується пара *B. cylindrica* та *M. cartusiana*, а кореляція між *B. cylindrica* та *Ch. tridens* має зворотний знак. Стаціонарний стан динаміки угруповання може бути оцінений на предмет стійкості. Якщо при виведенні зі стаціонарного стану система намагається в нього повернутися, то таку систему можна оцінити як стійку. Якщо після виведення система не може повернутися у стаціонарний стан – то система позбавлена стійкості. Крім стійкості стаціонарний стан може бути схарактеризований реактивністю. Реактивною буде така стійка система, у якій навіть малий зовнішній вплив викликає значні відхилення від стаціонарного стану раніше, ніж система потім у нього повернеться. У стаціонарних точках нелінійна функція може бути схарактеризована системою лінійних часткових похідних, або якобіаном. Значення власного числа якобіану функції у стаціонарному стані вказує на стійкість системи. Якщо найбільше власне число має від'ємне значення, то така система є стійкою.

Ермітова частина якобіана вказує на наявність властивості реактивності. Позитивне найбільше власне число ермітової частини вказує на наявність властивості реактивності. Комплексне значення власних чисел вказує на коливальний характер динаміки системи: коливальне наближення до стаціонарного стану у випадку стійкості системи та коливальне відхилення – у випадку нестійкості системи. Одержані результати свідчать про те, що для всіх досліджених систем один з двох стаціонарних станів був стійким, а інший – не стійким, а таким, що характеризувався нереалістичними значеннями чисельності молюсків (табл. 2).

Таблиця 2

Показники стабільності стаціонарних станів динаміки угруповань молюсків

Тип ґрунту	Сезон	Стаціонарний стан, екз./м ²			Реактивність	Стійкість
		<i>B. cylindrica</i>	<i>M. cartusiana</i>	<i>Ch. tridens</i>		
Сіро-зелені глини	1	25.04	3.44	4.00	-0.12	0.14
		–	–	–	0.14	-0.13
	2	48.49	7.41	6.30	-0.09	0.11
		–	–	–	1.36	-0.92
Лесоподібні суглинки	1	22.83	8.71	4.31	-0.13	0.15
		–	–	–	0.18	-0.17
	2	19.96	9.76	6.49	-0.16	0.16
		–	–	–	0.22	-0.17
Педозем	1	15.47	2.89	2.42	-0.12	0.12
		–	–	–	0.20	-0.16
	2	9.77	5.33	4.63	-0.10	0.11
		–	–	–	0.15	-0.15
Червоно-бурі глини	1	5.12	4.22	2.97	-0.16	0.16
		–	–	–	0.31	-0.25
	2	3.57	5.90	5.22	-0.11	0.11
		–	–	–	0.64	-0.04

Сезони: 1 – весна – літо; 2 – літо – осінь; прочерк «–» вказує на нереалістичне значення (від’ємне або занадто велике).

Усі показники реактивності мають від’ємний знак, що вказує на відсутність властивості реактивності, тобто після виведення зі стаціонарного стану система асимптотично наближається до нього знову. Для дерново-літогенних ґрунтів на сіро-зелених глинах стаціонарні розподіли чисельності молюсків у весняно-літній та літньо-осінній періоди суттєво відрізняються. У літньо-осінній період угруповання перебуває у стаціонарному стані за умов значно вищої чисельності, ніж у весняно-літній період. При цьому стійкість угруповання восени та його реактивність стає дещо меншою, хоч при цьому в нього залишається властивість стійкості. Матриця чутливості стійкості до варіювання чисельності видів угруповання містить елементи, які вказують на те, як чисельність видів контролює стійкість. Факторами стійкості угруповання є автокореляція чисельності *B. cylindrica* та *M. cartusiana* у весняно-літній період, а тільки *B. cylindrica* – у літньо-осінній період. Значним позитивним фактором стійкості угруповання є вплив *B. cylindrica* на *Ch. tridens*. Своєю чергою впливи *M. cartusiana* та *Ch. tridens* дестабілізують угруповання, при чому ця дестабілізація збільшується в літньо-осінній період. Загалом слід визнати,

що тотальний патерн взаємодій між видами молюсків в угрупованні залишається схожим у весняно-літній та літньо-осінній періоди.

Найбільш стабільні угруповання молюсків формуються на дерново-літогенних ґрунтах на лесоподібних суглинках, а найменш стійкі – на дерново-літогенних ґрунтах на сіро-зелених глинах та педоземах. Найбільш стійкі угруповання у весняно-літній період, менш стійкі – у літньо-осінній період. Регулярним фактором стійкості угруповань молюсків є негативна автокореляція видів угруповання, найчастіше це домінуючий вид *B. cylindrica*. Міжвидові взаємодії здійснюють як стабілізуючий так і дестабілізуючий впливи, що становить специфіку динаміки угруповань кожного типу техноземів.

У п'ятому розділі – «**Особливості екологічних ніш наземних молюсків техноземів**» – одержані результати за роки досліджень по вивчених типах техноземів дають змогу створити певне уявлення про особливості екологічних ніш наземних молюсків як сукупності чинників навколишнього середовища, що визначають особливості просторового розміщення тварин та, відповідно, особливостей освоєння екологічного простору біогеоценозів, сформованих на основі штучних ґрунтоподібних утворень (табл. 3).

Таблиця 3

Едафічні маркери екологічної ніші молюсків у різних техноземах (2012–2014 рр.)

Предиктор	<i>B. cylindrica</i>				<i>Ch. tridens</i>				<i>M. cartusiana</i>			
	GG	LL	PZ	RB	GG	LL	PZ	RB	GG	LL	PZ	RB
Електрична провідність, дСм/м												
ЕС										↓		
Агрегатна структура, розмір агрегатів, у %												
> 0.25 мм		↑		↓					↓		↓	↓
0.25–0.5 мм								↓	↓	↓		↓
0.5–1 мм			↓	↓			↑	↓				
1–2 мм	↑		↓	↓	↓	↑				↑	↑	
2–3 мм			↓	↑	↓	↑				↑		
3–5 мм			↑	↑			↓					
5–7 мм		↑	↑		↑		↓				↓	
7–10 мм		↑		↓						↑	↓	
< 10 мм	↓	↓	↑									↑
Твердість ґрунту на глибині, у МПа												
0–5 см		↑			↓			↑		↑		
5–10 см		↑		↓	↓			↑		↑		
10–15 см		↑		↓	↓			↑		↑		
15–20 см			↑						↓	↑		
20–25 см				↑	↓			↑		↑	↑	
25–30 см								↑	↓	↑		
30–35 см								↑				↑
35–40 см					↓			↑				↑
40–45 см								↑	↑		↑	↑
45–50 см								↑				

Умовні позначки: ↑ – маргінальність екологічної ніші за цією ознакою перевищує середнє квадратичне відхилення серед маргінальностей за усіма ознаками; ↓ – аналогічно менше середнього квадратичного відхилення; GG – дерново-літогенні ґрунти на сіро-зелених глинах; LL – на лесоподібних суглинках; RB – на червоно-бурих глинах; PZ – педоземи.

Електрична провідність ґрунту на рівні окремих періодів для окремих видів може виступати як інформативний маркер просторового розміщення молюсків, але якщо розглядати з боку регулярної повторюваності як ідентифікатор екологічної ніші, то така роль цього показника встановлена тільки для молюска *M. cartusiana* в умовах дерново-літогенних ґрунтів на лесоподібних суглинках. У цьому випадку вид негативно реагує на підвищені показники електричної провідності. Складна природа варіювання електричної провідності дає змогу відвести цьому показникові роль визначеного в часі локального маркера екологічної ніші наземних молюсків. З іншого боку, невизначеність як інформаційного маркера компенсується легкістю вимірювання та, у такий спосіб, можливістю одержувати за короткий проміжок часу значний обсяг вимірювань, що особливо важливо для вирішення завдань висвітлення просторової мінливості екологічних властивостей. Слід також відзначити, що природу варіювання електричної провідності ґрунту в локальних умовах можна уточнити за допомогою кореляційних зв'язків цього показника з іншими вимірюваними властивостями екологічних режимів. Такий підхід дозволив показати, що в конкретних умовах інформаційна роль електричної провідності обумовлена варіабельністю режиму вологості, змінності режиму вологості, особливостями мінерального живлення та вмістом поживних речовин. Така деталізація одержана внаслідок фітоіндикаційних оцінок екологічних режимів.

Агрегатна структура ґрунту є потужним джерелом інформації про екологічні умови, які визначають особливості екологічної ніші наземних молюсків рекультоземів. Найбільш чутливими до агрегатної структури є молюски виду *B. cylindrica* (18 значущих маркерів екологічної ніші), дещо менш чутливими є *M. cartusiana* (13 маркерів) і найменш чутливими є *Ch. tridens* (10 маркерів). Найбільш чутливі молюски до агрегатної структури педоземів, а найменш чутливі – до агрегатної структури дерново-літогенних ґрунтів на сіро-зеленій глині (ранжування за рівнем значущості агрегатної структури: PZ > RB > LL > GG). У переважній кількості випадків молюски негативно реагують на збільшення вмісту в техноземах мілких агрегатних фракцій (розміром до 1 мм). Молюск *M. cartusiana* більш чутливий до негативного впливу фракцій розміром до 0.5 мм, молюск *Ch. tridens* – до негативного впливу фракцій 0.5–1 мм, а *B. cylindrica* – до негативного впливу всього вказаного діапазону малих за розміром фракцій. Середні за розміром фракції зазвичай позитивно впливають на чисельність молюсків. Слід відзначити, що розміри агрегатів техноземів не є монотонною функцією певного ґрунотвірного або екологічного процесу. Деякі процеси утворення агрегатів можуть призводити до синхронного збільшення агрегатів різного розміру. Наприклад, макроагрегати можуть фізично розпадатися на агрегати переважним розміром > 0.25 мм та (або) розміром 2–5 мм. У такому випадку ми статистично будемо спостерігати зворотні кореляції вмісту макроагрегатів з іншими та позитивну кореляцію між фракціями > 0.25 мм та 2–5 мм відповідно. Але описані процеси можуть мати різний екологічний відгук. Це зумовлює певну складність під час пошуку екологічного оптимуму агрегатної структури як композитної змінної щодо екологічної ніші молюсків. Хоч у деяких випадках такий оптимум можна встановити. Наприклад, для *B. cylindrica* оптимальні умови в педоземах будуть при переважанні агрегатів розміром 2–3 та 3–5 мм (різноспрямовані вектори

трапляються саме в цьому діапазоні). Для цього виду в техноземах на червоно-бурих глинах оптимум буде на межі агрегатів розміром 1–2 та 2–3 мм. Для техноземів на сіро-зелених глинах та на лесоподібних суглинках сприятливі умови для *B. cylindrica* формуються при зменшенні вмісту макроагрегатів. Оптимальні режими за іншими агрегатними фракціями встановити важко.

Для *Ch. tridens* оптимальні умови в техноземах на сіро-зелених глинах формуються при збільшеному вмісті агрегатів розміром 3–5 мм, на лесоподібних суглинках – розміром менше ніж 1–2 мм, в педоземах – з розмірами понад 5–7 мм, на червоно-бурих глинах – понад 1 мм. Для *M. cartusiana* оптимальні умови в техноземах на сіро-зелених глинах формуються при збільшеному вмісті агрегатів розміром понад 0.5 мм, на лесоподібних суглинках – розміром 0.5–1 мм, у педоземах – з розмірами 0.25–1 мм, на червоно-бурих глинах – понад 1 мм.

До варіабельності твердості ґрунту найбільш чутливі молюски *Ch. tridens* (15 значущих маркерів екологічної ніші), дещо менш чутливі – *M. cartusiana* (13 значущих маркерів) та найменш чутливі – *B. cylindrica* (7 маркерів). Найбільше значення для визначення екологічної ніші молюсків має твердість дерново-літогенних ґрунтів на червоно-бурих глинах, а найменше – для техноземів на сіро-зеленій глині (ранжування за рівнем значущості твердості ґрунту: RB > LL > PZ > GG). Але роль твердості ґрунту доволі видоспецифічна. Так, молюск *B. cylindrica* не чутливий до варіабельності твердості техноземів на сіро-зелених глинах, але вкрай чутливий до твердості інших типів техноземів до глибини 20–25 см. Своєю чергою *Ch. tridens* не чутливий до твердості техноземів на лесоподібних суглинках, але чутливий до варіабельності твердості техноземів на сіро-зелених та на червоно-бурих глинах до глибини 20–25 см та до твердості педоземів від 25–30 до 50 см. Молюск *M. cartusiana* реагує на твердість усіх типів техноземів, але найбільш чутливий до твердості дерново-літогенних ґрунтів на лесоподібних суглинках.

Фізіономічні типи рослинного покриву є інформаційно цінними предикторами властивостей екологічної ніші наземних молюсків біогеоценозів, сформованих на техноземах (табл. 4). Найбільшою мірою фізіономічна структура рослинного покриву визначає особливості екологічної ніші *M. cartusiana* (12 значущих маркерів екологічної ніші), трохи менше – *Ch. tridens* (10 маркерів) та найменш чутливий до структури рослинного покриву *B. cylindrica* (9 маркерів). Загалом, як бачимо, роль рослинного покриву співмірно важлива для всіх досліджених видів наземних молюсків.

Слід відзначити, що суттєво вища роль у визначенні просторового варіювання популяцій молюсків для дерново-літогенних ґрунтів на сіро-зелених глинах, для яких встановлено 13 фізіономічних маркерів екологічних ніш молюсків. Для інших техноземів таких маркерів усього 5–6. Отже, за важливістю фізіономічної структури рослинного покриву для наземних молюсків можна встановити такий ряд: GG > RB = PZ > LL. Фізіономічний тип I найчастіше формує сприятливі умови для наземних молюсків. Це вказує на те, що збільшення проєктивного покриття індикаторної групи типу I – злаків – сприяє зазвичай збільшенню чисельності молюсків. Своєю чергою, відкрита поверхня ґрунту та мертвий покрив є чинниками, що негативно впливають на наземних молюсків. Цей результат можна перефразувати: збільшення загалом живого рослинного покриву сприяє розвитку чисельності угруповання молюсків. Інші фізіономічні типи рослинності (II–IV) впливають на наземних

моллюсків контекстозалежно: у певних випадках сприяють збільшенню чисельності, у інших, навпаки, гальмують їх зростання. При чому ця різнонаправленість проявляє себе як на міжвидовому рівні, так і на видовому рівні в контексті різних типів техноземів.

Таблиця 4

Рослинні маркери екологічної ніші моллюсків у різних техноземах (2012–2014 рр.)

Предиктор	<i>B. cylindrica</i>				<i>Ch. tridens</i>				<i>M. cartusiana</i>			
	GG	LL	PZ	RB	GG	LL	PZ	RB	GG	LL	PZ	RB
Фізіономічні типи												
Тип I	↑			↑	↑				↑			↑
Тип II	↑	↓	↓			↑					↓	↓
Тип III					↑	↓	↑		↑		↑	↑
Тип IV	↑					↑		↓				↓
Тип V	↓			↓	↓				↓	↓		
Тип VI	↓				↓		↓		↓		↓	
Фітоіндикаційні оцінки екологічних факторів												
Ae												
Ca		↑	↓									
Cr		↓	↓				↑				↑	
fH	↓						↓				↓	
Hd			↓				↑	↓	↓		↑	
Kn											↓	↑
Lc			↑						↑	↑		
Nt	↑								↑			
Om	↓			↓	↓			↑				
Rc		↓	↓	↑		↓		↑	↑	↓		↑
Sl			↑					↑				↑
Tm						↑		↑		↑		↑

Умовні позначки: ↑ – маргінальність екологічної ніші за цією ознакою перевищує середнє квадратичне відхилення серед маргінальностей за усіма ознаками; ↓ – аналогічно менше середнього квадратичного відхилення; GG – дерново-літогенні ґрунти на сіро-зелених глинах; LL – на лесоподібних суглинках; RB – на червоно-бурих глинах; PZ – педоземи.

Рослинність в аспекті фітоіндикаційних оцінок середовища також є інформативним предиктором екологічних ніш наземних моллюсків техноземів. Найбільш чутливими до екологічних режимів, встановлених за фітоіндикацією, є *M. cartusiana* (15 значущих маркерів екологічної ніші). Цьому виду дещо поступається *B. cylindrica* (14 маркерів) та найменш чутливий моллюск – *Ch. tridens* (11 маркерів). Найбільшою мірою моллюски чутливі до екологічних режимів, які встановлюються на основі фітоіндикації, у педоземах, трохи менш чутливі – у техноземах на червоно-бурих глинах, та найменш чутливі – у техноземах на сіро-зелених глинах та на лесоподібних суглинках (PZ > RB > GG = LL).

У цілому за період досліджень моллюски не чутливі до режиму аерації техноземів, що з урахуванням їх високої чисельності вказує на оптимальність умов існування за цим показником. До вмісту карбонатів чутливі тільки *B. cylindrica*, але характер впливу цього фактору різнонаправлений: позитивний у техноземах на лесоподібних суглинках та негативний у педоземах. Збільшення показників кріоклімату вказує на тенденцію зменшення чисельності популяції *B. cylindrica*,

тимчасом як для інших молюсків угруповання відбувається збільшення чисельності. Змінність режиму вологості негативно впливає на молюсків, тимчасом як сама вологість едафотопу здійснює позитивний вплив. Режим кислотності дуже часто впливає на молюсків, але характер цього впливу залежить від типу техноземів. Так, збільшення кислотності техноземів на лесоподібних суглинках та в педоземах негативно впливає на молюсків, а в техноземах на червоно-бурих глинах та меншою мірою – на сіро-зелених глинах, навпаки, сприяє збільшенню чисельності молюсків. Рівень мінералізації та термоклімат сприяють збільшенню чисельності молюсків.

ВИСНОВКИ

1. Сукупність властивостей едафотопу та рослинного покриву, представлених кількісними оцінками фізіономічних типів, фітоіндикаційних шкал, електропровідності, агрегатного складу та твердості ґрунту, формують інформаційно цінний перелік екогеографічних предикторів, здатних пояснити особливості екологічної ніші видів наземних молюсків у різних типах техноземів Нікопольського марганцеворудного басейну.

2. У межах техноземів Нікопольського марганцеворудного басейну була встановлена наявність чотирьох видів наземних молюсків: *Brephulopsis cylindrica* (Menke, 1828), *Monacha cartusiana* (O. F. Muller, 1774), *Chondrula tridens* (O. F. Muller, 1774), *Helix lucorum* (Linnaeus, 1758). Оптимальні умови для наземних молюсків формуються у дерново-літогенних ґрунтах на лесоподібних суглинках.

3. Статистичні моделі, які найкраще описують розподіли чисельності молюсків, є специфічними для окремих видів та інваріантними в часі. Для чисельних молюсків *Brephulopsis cylindrica* та *Monacha cartusiana* найкращими є логнормальна модель та модель Ципфа-Мандельброта. Для менш чисельного виду *Chondrula tridens* найкращою є модель Ципфа, та меншою мірою – модель Ципфа-Мандельброта. Розподіл чисельності представників рідкісного виду *Helix lucorum* найчастіше описується моделями поламаного стрижня або Мотомури.

4. Для кожного типу техноземів характерний специфічний спектр моделей, які найкраще описують розподіл чисельності популяцій молюсків. Логнормальна модель найчастіше є ефективною для опису населення молюсків на червоно-бурій глині та на педоземі, модель Ципфа-Мандельброта найкраща для лесоподібних суглинків та сіро-зелених глин, модель зламаного стрижня найчастіше придатна для опису популяцій молюсків на лесоподібних суглинках. Модель Мотомури ефективна також для лесоподібних суглинків та сіро-зелених глин, а модель Ципфа – для лесоподібних суглинків та педоземів.

5. Наземні молюски техноземів формують стійкі угруповання. Найбільшим рівнем стійкості характеризуються угруповання на лесоподібних суглинках, а найменш стійкі – на сіро-зелених глинах та педоземах. Найстійкіші угруповання молюсків у весняно-літній період, а найменш стійкі – у літньо-осінній період. Фактором стійкості є конкурентні відносини видів, центром яких найчастіше виступає домінуючий *B. cylindrica*.

6. Роль електричної провідності ґрунту як предиктора екологічної ніші наземних молюсків обумовлена режимом вологості, рівнем мінерального живлення та вмістом

поживних речовин. Найчутливішими до агрегатної структури техноземів є молюски *B. cylindrica*, менш чутливими – *M. cartusiana*, а найменш чутливими – *Ch. tridens*. Молюски негативно реагують на збільшення вмісту в техноземах мілких агрегатних фракцій (розміром до 1 мм). До варіабельності твердості ґрунту найчутливіші молюски *Ch. tridens*, менш чутливі – *M. cartusiana*, та найменш чутливі – *B. cylindrica*.

7. Фізіономічні типи рослинного покриву є інформаційно цінними предикторами екологічної ніші наземних молюсків біогеоценозів, сформованих на техноземах. Найбільше фізіономічна структура рослинного покриву визначає особливості екологічної ніші *M. cartusiana*, менше – *Ch. tridens* та найменш чутливим є *B. cylindrica*. Збільшення проєктивного покриття злаків сприяє зростанню чисельності молюсків, а відкрита поверхня ґрунту та мертвий рослинний покрив негативно впливають на чисельність наземних молюсків.

8. Найчутливішими до екологічних режимів, встановлених за фітоіндикацією, є *M. cartusiana*. Цьому виду поступається *B. cylindrica*. Найменш чутливим є молюск *Ch. tridens*. Молюски найчутливіші до екологічних режимів, які встановлюються на основі фітоіндикації, у педоземах, менш чутливі – у техноземах на червоно-бурих глинах, та найменш чутливі – у техноземах на сіро-зелених глинах та на лесоподібних суглинках. Змінність режиму вологості негативно впливає на молюсків, тимчасом як сама вологість едафотопу здійснює позитивний вплив. Рівень мінералізації та термоклімат сприяють збільшенню чисельності молюсків.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Список публікацій здобувача, у яких опубліковані основні наукові результати дисертації

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

1. Zhukov, O. V., Kovalenko, D. V., Kramarenko, S. S., & Kramarenko, A. S. (2019). Analysis of the spatial distribution of the land snail *Brephulopsis cylindrica* (Stylommatophora, Enidae) ecological niche in technosols. *Biosystems Diversity*, 27 (1), 62–68. doi: 10.15421/011910 (**Web of Science**) (особистий внесок: аналітичний огляд, добір та опрацювання літератури, частковий збір та обробка експериментальних даних, формулювання висновків).
2. Zhukov, O. V., Kovalenko, D. V., & Maslykova, K. P. (2019). Physiognomic vegetation types and their identification by using the decryption of digital images. *Agrology*, 2 (1), 94–99. doi: 10.32819/2617-6106.2019.21003 (**Agricola**) (особистий внесок: аналітичний огляд, добір та опрацювання літератури, частковий збір та обробка експериментальних даних, формулювання висновків).

Публікації у наукових фахових виданнях України

3. Коваленко Д. (2019). Особливості екологічної ніші молюска *Monacha (Monacha) cartusiana* (O. F. Muller, 1774) у техноземі на сіро-зеленій глині (Нікопольський

- марганцеворудний басейн). Науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. Серія: Біологічні науки, 3 (387), 91–100.
4. Коваленко Д. В. (2019). Стійкість угруповань молюсків техноземів Нікопольського марганцеворудного басейну. Біоресурси і природокористування. 11 (3–4), <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Bio/article/view/13029/11323>.
 5. Коваленко Д. В. (2019). Часова динаміка чисельності популяцій молюсків техноземів Нікопольського марганцеворудного басейну. Біоресурси і природокористування. 11 (1–2), 67–81.
 6. Маслікова К. П., Жуков О. В., Коваленко Д. В. (2019). Динаміка вмісту карбонатів та засвоєваних форм азоту протягом техногенного ґрунтогенезу в техноземах Нікопольського марганцеворудного басейну. Наукові доповіді НУБІП України. 1(77). <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/12584/10909> (*особистий внесок: аналітичний огляд, добір та опрацювання літератури, частковий збір та обробка експериментальних даних, формулювання висновків*).
 7. 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, добір та опрацювання літератури, частковий збір та обробка експериментальних даних, формулювання висновків*).
 8. Жуков, О. В., Маслікова, К. П., Коваленко, Д. В. (2018). Динаміка регуляторних екосистемних сервісів протягом техногенного ґрунтогенезу в техноземах Нікопольського марганцеворудного басейну. Наукові доповіді НУБІП України. 6(76). <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/12266> (*особистий внесок: аналітичний огляд, добір та опрацювання літератури, частковий збір та обробка експериментальних даних, формулювання висновків*).

Список публікацій, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

9. Коваленко, Д. В. (2018). Угруповання наземних молюсків (Mollusca) техноземів Нікопольського марганцеворудного басейну. Е-45 Екологічні дослідження лісових біогеоценозів степової зони України: Матеріали II Міжнародної наукової конференції. Дніпро: Ліра, 70–71.
10. Коваленко, Д. В. (2019). Стійкість угруповань молюсків техноземів Нікопольського марганцеворудного басейну. Соціально-економічний розвиток України: цивілізаційний вибір: зб. мат. конф. / за заг. ред. М. М. Радевої, В. М. Коломієць. Мелітополь: ТОВ «Колор Принт», 63–66.
11. Коваленко Д. В. (2019). Різноманіття та механізми стійкості угруповань молюсків техноземів Нікопольського марганцеворудного басейну. Accent Graphics Communications & Publishing, Hamilton, Canada, 42–53.
12. Коваленко, Д. В. (2019). Структура угруповання наземних молюсків (Mollusca) техноземів Нікопольського марганцеворудного басейну. V Міжнародна науково-практична конференція «Актуальні питання біологічної науки»: збірник статей. Ніжин: НДУ імені Миколи Гоголя, 195–200.

Публікації, які додатково відображають наукові результати дисертації

13. Маслікова, К. П., Жуков О. В., Коваленко Д. В. (2018). Фітоіндикаційна оцінка режиму освітлення як маркер регуляторних екосистемних сервісів у техноземах Нікопольського марганцеворудного басейну. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 4, 116–122. DOI 10.31210/visnyk2018.04.17 (*особистий внесок: аналітичний огляд, добір та опрацювання літератури, частковий збір та обробка експериментальних даних, формулювання висновків*).
14. Коваленко, Д. В. (2019). Механізми стійкості угруповань молюсків техноземів Нікопольського марганцеворудного басейну. Екологія – філософія існування людства: зб. наук. праць / за заг. ред. М. М. Радевої, В. М. Коломієць. Мелітополь: ТОВ «Колор Принт», 181–187.

АНОТАЦІЯ

Коваленко Д. В. Угруповання наземних молюсків (*Mollusca*) техноземів Нікопольського марганцеворудного басейну. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук за спеціальністю 03.00.16 – екологія. – Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького, Мелітополь, 2019.

У дисертації встановлено закономірності динаміки та стійкості угруповань та популяцій наземних молюсків (*Mollusca*) техноземів Нікопольського марганцеворудного басейну. Об'єктом дослідження є угруповання та популяції наземних молюсків техногенних екосистем Нікопольського марганцеворудного басейну (Україна). Предмет вивчення – закономірності динаміки та стійкості угруповань наземних молюсків та особливості екологічних ніш окремих видів в умовах штучно створених ґрунтоподібних конструкцій – техноземів. У роботі вперше доведено значення едафічних властивостей техноземів (електрична провідність, твердість та агрегатний склад) та особливостей рослинного покриву (структура фізіономічних типів та екологічні режими, які оцінено за допомогою фітоіндикації) як предикторів екологічної ніші наземних молюсків техноземів; встановлено інваріантний характер у часі та видоспецифічний і особливий для техноземів характер розподілів чисельності популяцій молюсків на тлі значної просторово-часової варіабельності чисельності популяцій; доведено стійкість угруповань молюсків техноземів та висловлено гіпотези, які пояснюють механізми стійкості угруповань; встановлено особливості екологічних ніш наземних молюсків техноземів. У дисертації вдосконалено процедуру цифрового дешифрування знімків поверхні Землі з метою кількісної оцінки проективного покриття різних фізіономічних типів. У результаті проведеної роботи розроблено підхід для дешифрування цифрових знімків поверхні Землі з метою виявлення проективного покриття рослинності та окремих категорій рослинного покриву – фізіономічних типів.

Ключові слова: рекультивация, молюски, різноманіття, стійкість, екологічна ніша, динаміка, біоіндикація.

АННОТАЦИЯ

Коваленко Д. В. Сообщества наземных моллюсков (Mollusca) техноземов Никопольского марганцеворудного бассейна. – Квалификационный научный труд на правах рукописи.

Диссертация на соискание научной степени кандидата биологических наук по специальности 03.00.16 – экология. – Мелитопольский государственный педагогический университет имени Богдана Хмельницкого, Мелитополь, 2019.

В диссертации установлены закономерности динамики и устойчивости сообществ и популяций наземных моллюсков (Mollusca) техноземов Никопольского марганцеворудного бассейна. Объектом исследования являются сообщества и популяции наземных моллюсков техногенных экосистем Никопольского марганцеворудного бассейна (Украина). Предмет изучения – закономерности динамики и устойчивости сообществ наземных моллюсков и особенности экологических ниш отдельных видов в условиях искусственно созданных почвоподобных конструкций – техноземов. В работе впервые доказано значение эдафических свойств техноземов (электрическая проводимость, твердость и агрегатный состав) и особенностей растительного покрова (структура физиономических типов и экологические режимы, которые оценены с помощью фитоиндикации) в качестве предикторов экологической ниши наземных моллюсков техноземов; установлен инвариантный характер во времени и видоспецифический и особенный для техноземов характер распределений численности популяций моллюсков на фоне значительной пространственно-временной вариабельности численности популяций; доказана устойчивость сообществ моллюсков техноземов и высказаны гипотезы, которые объясняют механизмы устойчивости сообществ; установлены особенности экологических ниш наземных моллюсков техноземов. В диссертации усовершенствована процедура цифрового дешифрирования снимков поверхности Земли с целью количественной оценки проективного покрытия разных физиономических типов.

Ключевые слова: рекультивация, моллюски, разнообразие, устойчивость, экологическая ниша, динамика, биоиндикация.

SUMMARY

Kovalenko D. V. Terrestrial mollusc (Mollusca) communities of Nikopol manganese ore basin technosols. – Qualification scientific work as the manuscript.

Thesis for a Candidate Degree in Biological Sciences in specialty 03.00.16 – Ecology. – Bogdan Khmelnytsky Melitopol State Pedagogical University, Melitopol, 2019.

According to the priority of directions in the development of science and technology in Ukraine, as the most important issues of the development of scientific and technical, socio-economic, socio-political, human potential in order to ensure Ukraine's competitiveness in the world and sustainable development of society and state, there are the technologies of consistent use, preservation and enrichment of biological resources and improving their quality and safety, preserving biodiversity and technology of rational use of soils and preserving their fertility. Technogenic territories, formed while pulling roach out to the surface, are qualitatively new edaphotechnical components of ecosystems with specific composition and features interacting with the environment. Surface mining operations cause the complete destruction of all components of biogeocoenosis: edaphotope, phytocenosis, zoocenosis and microbiota. At the beginning of biological

development, technosols are characterized by unfavourable edaphic properties, and in the process of the biological stage of the reclamation, most of the limiting factors (supply of nutrients, salinity, physical features) reduce their restrictive effect. An important scientific issue is the discovery of mechanisms that cater for the preservation of ecological diversity and form biogeocoenic bonds that determine the dynamics of biological productivity in ecosystems. All the above mentioned state the relevance of studying the regularities of formation of animal communities in soil-like structures artificially created in the process of soil reclamation.

In the work for the first time the significance of edaphic properties of technosols (electrical conductivity, hardness and aggregate composition) and features of the vegetation cover (structure of physiognomic types and ecological regimes assessed by means of phytoindication) have been proved as being the predictors of ecological niches of terrestrial molluscs in technosols; the invariant in time character, and species-specific and peculiar for the technosols nature of the mollusc populations abundance distribution on the background of considerable spatial-temporal variability of the population size have been determined; the consistency of the communities of technosols have been proved; and the hypotheses that explain the mechanisms of the consistency of the communities have been described; the features of ecological niches of terrestrial molluscs of technosols have been established. In the dissertation, the procedure of digital decoding photographs of the Earth's surface has been improved aimed at quantitative evaluation of the projective coverage of various physiognomic types.

As a result of this work, an approach for decoding digital photographs of the Earth's surface was developed to detect the projective vegetation cover and some vegetation cover categories – physiognomic types. This approach is an alternative to the widespread ocular method and provides an opportunity to obtain quantitative and objective assessment of the state of vegetation cover, which can be used both for monitoring the state of vegetation during the biological stage of reclamation, and for measuring ecogeographical predictors of the ecological niche of terrestrial animals, including molluscs. The practical result of the work is also that, along with the assessment of the population size as its fundamental characteristic, it is necessary to use the indexes of the correspondence of the observed molluscs abundance distribution to the theoretical models. The correspondence of one or another model indicates the quality of the population, which is very important for achieving the objectives of monitoring and environmental assessment of the state of the soils being reclaimed.

The research results demonstrate that the combination of the properties of edaphotope and the vegetation cover, represented by the quantitative assessments of the physiognomic types, phytoindicative scales, electrical conductivity, aggregate composition and hardness of the soil, forms an informatively valuable list of ecogeographic predictors which can explain the features of the ecological niche of terrestrial molluscs in different types of technosols of Nikopol manganese ore basin. Within the technosols of Nikopol manganese ore basin there were found four types of terrestrial molluscs: *Brephulopsis cylindrica* (Menke, 1828), *Monacha cartusiana* (OF Muller, 1774), *Chondrula tridens* (OF Muller, 1774), *Helix lucorum* (Linnaeus, 1758). Optimal conditions for terrestrial molluscs are enabled in soddy-lithogenic soils on loess-like loams. It is proved that the statistical models, best describing the mollusc abundance distribution, are specific for certain species and are invariant in time. For the abundant *Brephulopsis cylindrica* and *Monacha cartusiana* molluscs, the best is the log-normal model and Zipf-Mandelbrot model. For

less abundant *Chondrula tridens*, Zipf model is the best, and Tsipf-Mandelbrot model is not so good. The abundance distribution of the rare species *Helix lucorum* representatives is mainly described by models of broken rod or Motomura's one. Each type of technosols is characterized with a specific range of models best describing the mollusc populations' abundance distribution. The log-normal model is mostly effective in describing the population of molluscs in red-brown clay and in pedozem; Zipf-Mandelbrot model is the best for loess-like loams and gray-green clays, and the model of broken rod is mainly used to describe mollusc populations in loess-like loams. Motomura's model is also effective in loess-like loams and in gray-green clay, and Zipf model – in loess-like loams and pedozems. Terrestrial molluscs of technosols form consistent communities. The highest level of consistency is peculiar to the communities located on the loess-like loams, and the least consistent ones are those on gray-green clays and pedozems. The most consistent communities of molluscs are in the spring-summer period, and the least consistent ones are in the summer-autumn period. The factor of consistency is the competitive relations of species, often dominated by *B. cylindrica*. The role of electrical conductivity of soil as a predictor of the ecological niche of terrestrial molluscs is determined by humidity conditions, mineral nutrition and nutrient content. The most sensitive to the aggregate structure of technosols are *B. cylindrica* molluscs, *M. cartusiana* are less sensitive, and the least sensitive are *Ch. Tridens*. Molluscs react negatively to the increase of content of small aggregate fractions (up to 1 mm in size) in technosols. Molluscs *Ch. tridens* are the most sensitive to the variability of soil hardness, *M. cartusiana* are less sensitive, and the least sensitive are *B. cylindrica*. The physiognomic types of vegetation cover are informatively valuable predictors of the ecological niche of terrestrial molluscs in biogeocoenoses formed on technosols. The physiognomic structure of the vegetation cover determines mostly the features of the ecological niche of *M. cartusiana*, in a less degree – *Ch. tridens* and the least sensitive is *B. cylindrica*. An increase in the projective coverage of grasses contributes to an increase in the number of molluscs, while the open soil surface and dead vegetation have a negative effect on the number of terrestrial molluscs. The most sensitive to the ecological regimes, established by means of phytoindication, is *M. cartusiana*. *B. cylindrica* follows it and the least sensitive is the mollusc *Ch. Tridens*. The molluscs are most sensitive to ecological regimes, which are established by means of phytindication, in pedozems; less sensitive ones are in technosols on red-brown clay, and the least sensitive ones are in technosols on gray-green clays and on the loess-like loams. The variability of the humidity conditions has a negative effect on molluscs, while the very humidity of the edaphotope has a positive effect. The level of mineralization and thermoclimate contribute to an increase in the number of molluscs.

Key words: reclamation, molluscs, diversity, consistency, ecological niche, dynamics, bioindication.

Підписано до друку 17.09.2019 р.
Формат 60x90/16. Папір офсетний. Гарнітура «Таймс».
Друк цифровий. Ум.-друк. арк. 0,9.
Наклад 100 прим. Зам. № 239 від 11.11.2019р.
Надруковано у ФОП Силаєва О.В.
Свідоцтво №21010170000003490 від 14.07.1997 р.
72319, Запорізька обл., м. Мелітополь, вул. Університетська, 44/7
Тел./факс: (0619) 46-50-20, (097) 887-66-01