

ВІДГУК

офіційного опонента

кандидата біологічних наук Дідура Олега Олексійовича
на кваліфікаційну наукову працю на правах рукопису

ПОДПРЯТОВОЇ НАТАЛІЇ ОЛЕКСАНДРІВНИ «Фітоіндикація екологічних режимів техноземів Нікопольського марганцеворудного басейну», подану на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 101 – Екологія 10 – Природничі науки

Актуальність теми дисертації. Актуальність обраної теми дослідження зумовлена критичним станом довкілля Дніпропетровської області, де інтенсивний вплив гірничодобувної промисловості призвів до формування масштабних техногенних ландшафтів та деградації природних екосистем. Здобувачка обґрунтовано доводить, що традиційні підходи до відновлення земель є недостатніми через складну структуру техноземів, які суттєво відрізняються від природних аналогів. Особливу увагу в роботі приділено біологічному етапу рекультивації як провідному механізму трансформації антропогенних ландшафтів. Науковий інтерес становить запропонований підхід до використання фітоіндикації та екоморфічного аналізу для оцінки екологічних режимів у порушених екотопах. Авторка розглядає рекультивацію не просто як технічне завдання, а як складний процес формування нової ієрархічної організації біогеоценотичного покриву, що має на меті досягнення екологічної рівноваги в оптимально стислі терміни.

Зв'язок дисертації з науковими програмами та темами. Дисертаційна робота виконано впродовж 2022–2026 рр. відповідно до наукової програми кафедри ботаніки, екології та садово-паркового господарства Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького. Дослідження є складовою науково-дослідної теми кафедри «Біологічне різноманіття як фактор стійкості екосистем Приазовського регіону в умовах глобальних змін клімату та антропогенного впливу» (затверджена вченою радою факультету, протокол № 8 від 19.04.2022 р.).

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни. Метою дисертаційного дослідження є оцінка показників таксономічного різноманіття рослинних угруповань на техноземах, що утворилися на ділянках відкритих гірничих робіт, а також еколого-ценотичний аналіз процесів рекультивації земель у Нікопольському марганцеворудному басейні.

Для досягнення поставленої мети *передбачено вирішення низки наукових завдань*, що полягали у з'ясуванні таксономічного різноманіття рослинних угруповань Нікопольського марганцеворудного басейну; проведенні екоморфного аналізу рослинних угруповань для виявлення екологічних особливостей процесів, що відбуваються у ході біологічного етапу рекультивації земель; оціненні ролі чинників навколишнього середовища у формуванні екоморфної структури рослинного покриву; аналізі синтаксономічної структури сформованого рослинного покриву; обґрунтуванні можливості застосування індексів природності та гемеробності як індикаторів динаміки процесу рекультивації порушених земель; встановленні залежності між електропровідністю ґрунту та рівнем гемеробії; перевірці гіпотези, що на початкових етапах рекультивації перевагу має індекс гемеробності.

Наукова новизна одержаних результатів. Представлена робота відзначається комплексним підходом до вивчення фітоценотичних процесів на антропогенно трансформованих територіях. Наукова новизна отриманих результатів полягає у наступному:

Фундаментальне розширення знань про техноземи: Здобувачка вперше здійснила детальний екоморфічний аналіз рослинного покриву Нікопольського марганцеворудного басейну. Особливої уваги заслуговує встановлення взаємозв'язків між складом фітоценозів та специфічними екологічними чинниками (вологість середовища, трофність рослинних угруповань, тепловий режим субстратів, освітленість техногенних ділянок), що дозволило побудувати цілісну модель екологічної структури техногенних ландшафтів.

Інноваційність методичних підходів: Наукову цінність становить удосконалення шкал Франка і Клотца. Конвертація та переведення показників у 100-бальну систему, що створює підґрунтя для уніфікації методів фітоіндикації в умовах техногенезу.

Виявлення адаптаційних механізмів: Важливим внеском є аналіз клімаморфної структури та стратегій поширення (діаспорохорії) рослин. Це дозволяє не лише констатувати стан рослинності, а й прогнозувати вектор саморозвитку екосистем та їхню стійкість до несприятливих умов.

Розвиток теоретичних концепцій: Робота поглиблює класичну концепцію екоморф Бельгарда, адаптуючи її до сучасних реалій промислового навантаження. Використання показників гемеробності та натуральності (за Сукопом) як критеріїв успішності (ефективності) рекультивації.

Достовірність наукових положень не викликає сумнівів і забезпечується репрезентативним обсягом польових даних, тривалим терміном польових

досліджень та використанням комплексу сучасних методів аналізу рослинних угруповань, включаючи статистичну обробку даних. Отримані результати повністю відповідають поставленим завданням та підкріплені доказовою базою.

Практична цінність роботи. Практичне значення результатів дослідження характеризується високим рівнем прикладної спрямованості та безпосередньою актуальністю для вирішення екологічних проблем промислових регіонів. Автором сформовано цілісну науково-методичну базу для проектування та коригування рекультиваційних заходів у специфічних умовах Нікопольського марганцеворудного басейну. Ключова цінність роботи полягає у доведенні високої індикаційної здатності індексів гемеробності та природності, що дозволяє використовувати їх як надійні маркери для верифікації напрямку сукцесійних процесів на ранніх етапах відновлення техноземів. Завдяки комплексному поєднанню фітоіндикаційних оцінок за шкалами Бельгарда, Дідуха та Елленберга, результати дисертації набувають статусу нормативної основи для проведення екологічного моніторингу та процедур оцінки впливу на довкілля. Отримані дані мають стратегічне значення для ландшафтного планування, оскільки дозволяють адаптувати світові стандарти рекультивації до регіональної специфіки рослинних угруповань, забезпечуючи перехід від формального вирівнювання рельєфу до формування стійких, функціонально повноцінних екосистем. Матеріали дослідження можуть бути безпосередньо імплементовані в діяльність підприємств гірничодобувної галузі та державних природоохоронних органів при розробці програм сталого розвитку порушених територій.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності. Дисертація викладена на 148 сторінках, основний зміст – на 139 сторінках. Робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та одного додатка. Текст ілюстровано 7 таблицями та 18 рисунками. Список використаних джерел містить 245 найменувань.

У першому розділі автором дисертаційного дослідження систематизовано літературні відомості щодо біологічного моніторингу та фітоіндикації як ключових інструментів для оцінки стану техноземів і відновлення екосистем, пошкоджених промисловою діяльністю. Дисертанткою проаналізовано теоретичні підходи до рекультивації земель, підкреслюючи роль спонтанної сукцесії та використання рослинного покриву як економічно ефективного методу реабілітації антропогенно змінених ландшафтів. Особлива увага приділяється застосуванню екологічних шкал, індексів гемеробії та

натуральності, а також екоморфічному аналізу за Бельгардом для контролю за траєкторією відновлення біорізноманіття. В тексті розділу систематизовано наукові погляди на фітоіндикацію як науку, що дозволяє за допомогою рослин-маркерів визначати якісні зміни у навколишньому середовищі. Обґрунтовано необхідність безперервного спостереження за штучно створеними ґрунтами для досягнення тривалої екологічної стабільності в умовах антропоцену.

У другому розділі здобувачка описує методологію довготривалого польового експерименту, присвяченого вивченню відновлення земель на місці кар'єру видобутку марганцевої руди в місті Покров. Дослідження базується на аналізі штучно створених ґрунтів, де протягом понад 50 років науковці спостерігають за трансформацією гірських порід у родючий шар під впливом рослинності. Авторка детально розкриває фітоіндикаційні методи оцінки, що включають у тому числі вивчення видового складу рослин, їхнього покриття та класифікацію за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення TWINSPAN. Особлива увага приділяється шкалі гемеробії, яка дозволяє кількісно визначити рівень антропогенного впливу та ступінь природності екосистем на різних етапах їхньої рекультивації. Головною метою цього розділу є обґрунтування комплексного підходу до моніторингу техноземів як складних систем, що розвиваються в напрямку від штучного стану до екологічної стабільності.

У третьому розділі містяться результати аналізу таксономічного та екоморфічного складу рослинності, що розвивається на техноземах Нікопольського марганцеворудного басейну. Авторкою проведено інвентаризацію флори досліджуваних територій, яка налічує 133 види судинних рослин. Домінування у спектрі провідних родин *Asteraceae* та *Poaceae* є цілком очікуваним для порушених екотопів степової зони, що свідчить про поступову адаптацію флористичних комплексів до специфічних антропогенних умов та їхнє зближення за структурою з регіональним природним ядром. Ключова частина роботи фокусується на екологічних стратегіях виживання: перевазі гемікриптофітів і значній частці терофітів, які вказують на динамічність молодих ґрунтів та їхню здатність до самовідновлення. За результатами екоморфічного аналізу авторка дослідження обґрунтовує, що рослинні угруповання, сформовані на техноземах, можна ідентифікувати як степові псевдомоноценози з лучним і рудеральним компонентами. Підсумковим висновком розділу є оцінка потенціалу сільськогосподарської рекультивації цих територій, спираючись на виявлену стабільність зволоження ґрунту та на родючість техноземів відновлюваних екосистем.

Четвертий розділ присвячений дослідженню структури та екологічних властивостей рослинності, що формується на штучно відновлених землях Нікопольського марганцеворудного басейну. Здобувачка детально описує дев'ять рослинних асоціацій, аналізуючи їхній видовий склад, проєктивне покриття, здатність пристосовуватися до специфічних умов різних типів техногенних ґрунтів за показниками природності гемеробності, фізичні, хімічні характеристики рекультивованих земель. За допомогою методу фітоіндикації в роботі оцінюється кислотність ґрунтових субстратів, визначено вологість, вміст водорозчинних солей, карбонатів, азоту, що безпосередньо впливають на розвиток екосистем. Головним підсумком дослідження за цим розділом є доведення того, що тип технозему визначає помітну частку варіації в біорізноманітті та структурі рослинного покриву, що доводить його важливу роль у формуванні екосистем на рекультивованих землях.

П'ятий розділ дослідження присвячене оцінці успішності рекультивації земель, пошкоджених гірничодобувною діяльністю, через аналіз взаємозв'язку між властивостями штучно створених ґрунтів (техноземів) та станом рослинного покриву. Авторка обґрунтовує використання індексу гемеробності (міри антропогенного впливу) як ефективного маркера екологічного відновлення, що дозволяє відстежувати перехід екосистеми від порушеного стану до природної стабільності. Одержані дані вказують на те, що зі зменшенням рівня гемеробності покращується агрегатна структура ґрунту, знижується його щільність та зростає вміст вологи в ґрунті, що безпосередньо корелює з розвитком кореневих систем.

Аналіз дисертаційної праці показав, що зміст її розділів викладено послідовно та логічно; структура роботи повністю підпорядкована досягненню поставленої мети. Обрана методологія, поєднана з класичними і сучасними методами, дала змогу всебічно розкрити об'єкт і предмет дослідження на кожному етапі дослідження. Здобувачці вдалося дотриматися балансу між теоретичним обґрунтуванням та практичною частиною, що сприяло формуванню цілісної наукової концепції. Висновки до розділів і загальні підсумки роботи є переконливими та базуються на ґрунтовному масиві фактичного матеріалу.

Дисертація є завершеним самостійним науковим дослідженням, виконаним із дотриманням принципів академічної доброчесності. Особистий внесок здобувачки є вагомим та чітко структурованим. Авторкою особисто опрацьовано джерельну базу, зібрано польовий матеріал у великому обсязі, сплановано та проведено експериментальні дослідження. Здобувачка

самостійно виконала камеральну і статистичне опрацювання даних, сформулювала висновки, а також брала активну участь у публікації та апробації результатів дослідження.

Мова та стиль викладення результатів. Дисертацію виконано на високому науковому рівні з дотриманням академічної грамотності та фахової етики. Матеріал викладено у логічній послідовності, що забезпечує цілісність сприйняття авторської концепції. Здобувачка вільно володіє спеціальною термінологією, демонструє здатність чітко й аргументовано формулювати складні наукові положення. Стиль роботи повністю відповідає стандартам академічного письма, а її оформлення належним чином узгоджено з вимогами наказу МОН України № 40 від 12 січня 2017 року «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Апробація та оприлюднення результатів дослідження. Результати дисертаційного дослідження апробовано та висвітлено у наукових публікаціях. Основні положення й висновки роботи доповідалися здобувачем на засіданнях кафедри ботаніки, екології та садово-паркового господарства Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького, а також на всеукраїнських науково-практичних конференціях.

Основні матеріали дисертаційної роботи опубліковані в 3 наукових працях, із них 2 – у виданнях, які включені до міжнародних наукометричних баз Web of Science / Scopus, 1 – що входить до переліку фахових видань категорії Б, 5 – тези та матеріали наукових конференцій, 1 – що додатково відображає наукові результати дисертації, яка пройшла міжнародну апробацію шляхом депонування та публікації розширеного масиву первинних даних (dataset) у глобальній мережі з біорізноманіття GBIF (Global Biodiversity Information Facility) та отримала відкритий ідентифікатор DOI.

Аналіз опублікованих праць здобувачки засвідчує її вагомий особистий внесок у розробку наукової проблеми. Кількість та якість публікацій повністю відповідають вимогам п. 8 «Порядку присудження ступеня доктора філософії», а основні положення дисертації пройшли належну апробацію на всеукраїнських наукових конференціях. Поршень принципів академічної доброчесності у працях авторки не виявлено, що підтверджує самостійність та достовірність отриманих результатів.

Зауваження до дисертаційної роботи. Разом із тим, зважаючи на складність та багатогранність обраної теми, робота містить низку положень, які доцільно винести на наукову дискусію:

1. *Зауваження до стилю викладення пункту "Обґрунтування вибору теми дослідження"* (Вступ). Представлене обґрунтування теми має ґрунтовний теоретичний базис, проте за стилем викладу воно подекуди наближається до оглядово-реферативного. Автору варто чіткіше акцентувати увагу на конкретному об'єкті дослідження. Зокрема, з тексту залишається незрозумілим, що є центральним фокусом роботи.

Також потребує уточнення наукова проблема: автор констатує загальну складність процесів для техноземів, проте не виокремлює той специфічний аспект (вужке місце), який потребує вивчення саме в межах цієї дисертації. Бажано було б побачити перехід від загальновідомих принципів рекультивації до конкретної наукової гіпотези автора.

2. *Звернувши увагу на формулювання одного із завдань роботи* щодо "перевірки гіпотези про перевагу індексу гемеробності на початкових етапах рекультивації" (стор. 18), автору варто було б уточнити, у чому саме полягає ця перевага. Оскільки термін "перевага" має порівняльний характер, логічно було б зіставити цей індекс з іншими екологічними показниками для більш об'єктивної оцінки його ефективності.

Крім того, доцільно було б чіткіше окреслити часові межі "початкових етапів рекультивації", адже об'єктом дослідження виступають ділянки спонтанної сукцесії, що характеризуються вже досить тривалим періодом розвитку, тобто досліджуються процеси на біологічному етапі рекультивації. Уточнення цих методологічних аспектів дозволило б уникнути двозначності у формулюванні завдання та подальшої інтерпретації отриманих результатів.

3. *Попри безперечну цінність роботи, до пункту наукової новизни* отриманих результатів можна висунути такі зауваження:

– *Надмірна деталізація загальновідомих методів*: Деякі пункти, що представлені як «уперше отримані», за своєю суттю є результатами застосування стандартних методів фітоіндикації (наприклад, визначення вологості та освітленості за складом видів). Доцільніше було б акцентувати увагу не на самому факті визначення, а на виявлених специфічних закономірностях, притаманних саме марганцеворудним субстратам.

– *Апробація концепції гемеробії*: Авторка вказує на розвиток концепції використання гемеробії для оцінки рекультивації. Проте залишається не зовсім зрозумілим, наскільки універсальними є ці показники для інших типів техноземів (наприклад, вугільних чи залізородних відвалів) – чи це локальна закономірність, чи загальний принцип.

4. **Зауваження до розділу 1.** Надмірно дескриптивний (описовий) характер огляду за відсутності критичного синтезу та чіткого обґрунтування вибору конкретного методичного інструментарію.

Хоча розділ містить ґрунтовний аналіз багатьох систем – від класичних екологічних шкал (Елленберга, Дідуха, Циганова) до екоморфічного аналізу Бельгарда та індексів гемеробії, – автор здебільшого констатує їхню наявність і принципи роботи, але не проводить їхнього порівняльного критичного аналізу стосовно специфічних умов техноземів. У тексті зазначається, що «підходи до визначення поняття моніторингу суттєво різняться», а використання певних методів (наприклад, ценоморф як методу фітоіндикації) може навіть суперечити початковим концепціям, проте розділ не дає однозначної відповіді, який саме з цих підходів є найбільш адекватним для вирішення завдань дисертації. Це створює певний розрив між широким теоретичним базисом та його практичним застосуванням, оскільки залишається незрозумілим, чому для подальшого дослідження обрано (або не обрано) ту чи іншу систему показників.

5. **Зауваження до розділу 2.** У цьому розділі зазначено, що класифікацію рослинності здійснювали за допомогою програми TWINSPAN із посиланням на джерело [121]. Проте вказана публікація (Hill MO, Roy DB, Thompson K. *Non-ruderality, urbanity and ruderality: Bioindicators of disturbance and human impact. Journal of Applied Ecology* 2002;39. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2002.00746.x>) присвячена індексам гемеробності та рудеральності й не містить опису алгоритмів TWINSPAN, посилань або інструкцій щодо використання цього програмного забезпечення.

6. **На основі аналізу Розділу 3 можна сформулювати таке головне зауваження:** У підрозділі 3.2 екоморфічна структура рослинного покриву ґрунтовно проаналізована для кожного типу субстрату окремо (червоно-бурої глини, лесоподібного суглинку, педозему та сіро-зеленої глини). Водночас таксономічний склад наведений узагальнено для всього об'єкта дослідження.

Порада опонента – розглянути можливість деталізації таксономічного аналізу відповідно до структури екоморфічного аналізу: диференціювати показники таксономічної структури (кількість видів, провідні родини та роди) за типами субстратів, аналогічно до того, як це зроблено для екоморф. Це дозволило б чітко продемонструвати флористичну своєрідність кожної ділянки та виявити, як саме специфіка субстрату впливає на формування видового складу на певних етапах сукцесії. Така деталізація зробить порівняльний аналіз

більш цілісним і дозволить уникнути нівелювання важливих відмінностей між дослідними ділянками.

7. *Зауваження до розділу 4.* У роботі наведено результати фітоіндикаційної оцінки кислотності з надзвичайно високою точністю (наприклад, $pH = 7,08 \pm 0,02$) (стор. 67). Оскільки фітоіндикаційні шкали є баловими та відображають певні амплітуди толерантності видів, чи вважаєте ви таку математичну точність (до сотих часток) біологічно репрезентативною? Чи не є ці цифри лише результатом статистичної обробки балів, які за своєю природою не можуть надати такої прецизійної оцінки реального показника рН?

8. *Зауваження до розділу 5.* При аналізі впливу типів техноземів на екологічні режими (стор. 109) варто було б уточнити формулювання. Зокрема, автор вказує на вплив типу технозему на атмосферне зволоження, континентальність, кріо- та світловий режим. Оскільки ці показники є кліматично зумовленими, субстрат може впливати лише на їх трансформацію (наприклад, на режим вологості ґрунту або температурний режим поверхні), а не на самі атмосферні процеси. На мій погляд бажано було б скоригувати ці терміни для більшої наукової точності. Разом із тим, висновок автора про вищу екологічну стабільність педоземів порівняно з літоземами на червоно-бурих глинах є цілком науково обґрунтованим.

Оцінюючи дисертаційне дослідження як цілісну та завершену наукову працю, яка містить деякі наукові дискусійні моменти, вважаю за необхідне підкреслити, що зазначені зауваження та побажання мають дискусійний або уточнювальний характер і не применшують вагомості отриманих результатів, а вказують на положення, де аргументацію можна було б посилити додатковими даними. Вони не ставлять під сумнів наукову новизну та практичну цінність роботи та не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційного дослідження в цілому.

Загальний висновок про дисертаційну роботу. На підставі проведеного аналізу можна констатувати, що дисертаційна робота Подпрятової Наталії Олександрівни на тему «Фітоіндикація екологічних режимів техноземів Нікопольського марганцеворудного басейну» за своєю актуальністю, науковим рівнем, обсягом проведених досліджень, новизною отриманих результатів та обґрунтованістю сформульованих положень повністю відповідає спеціальності 101 – Екологія та вимогам наказу МОН України від 12.01.2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертацій» (зі змінами, внесеними згідно з Наказу МОН України № 759 від 31.05.2019) та п. 28 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої

ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету міністрів України від 12 січня 2022 р., № 44, зі змінами до постанови № 341 від 21.03.2022. Матеріали дисертації оформлені належним чином, результати пройшли достатню апробацію та висвітлені у фахових виданнях. Авторка роботи, Подпрятюва Наталія Олександрівна, заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 101 – Екологія.

Офіційний опонент:

старший науковий співробітник

НДІ наземної екології, лісового ґрунтознавства

та рекультивації земель НДІ біології,

канд. біол. наук, старший дослідник

Олег ДІДУР

Засвідчую:

Учений секретар

Дніпровського національного

університету імені Олеся Гончара



Тетяна ХОДАНЕН