

## **ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА**

**на дисертацію Семак Уляни Йосипівни «Природньо-колонізуюча рослинність золошлаковідвалів Бурштинської ТЕС: флористичне різноманіття, біологічно-екологічний та біоіндикаційний потенціали», представлену на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 09 «Біологія» за спеціальністю 091 «Біологія».**

**Актуальність теми.** Зберігання твердих відходів від спалювання вугілля на теплових електростанціях потребує особливої уваги, адже ці інженерні споруди – золошлаковідвали – є осередками підвищеної екологічної небезпеки через вплив на природні геохімічні цикли, локальне аеротехногенне забруднення, зміну хімічних параметрів поверхневих і підземних вод, забруднення поліутантами ґрунтових горизонтів, а також відчуження значних площ та зміни місцевих ландшафтів. Першочерговим завданням при розробці заходів зниження екологічних ризиків полігонів теплових електростанцій є вивчення рослинної компоненти. Здатність до фітоіндикації, фіторе mediaції та фітостабілізації девастрованих територій робить рослинні організми перспективними для відновлення екосистемної цілісності та екосистемних функцій в умовах техногенної трансформації довкілля. Вивчення фіторізноманіття, еколого-ценотичних особливостей рослинності дозволяє не тільки здійснити оцінку стану рослинності та рівня її техногенної трансформації в умовах золошлаковідвалів, а також виявити потенціал рослинності до відновлення екологічної рівноваги девастрованих територій насамперед через формування рослинного покриву. Таким чином, дослідження особливостей рослинного покриву золошлаковідвалів слугує підґрунтям для розробки заходів фіторекультивації, що має на меті вирішення екологічних проблем техногенно змінених територій в зоні впливу об'єктів теплоенергетичної галузі. Саме вивченню цих актуальних проблем і присвячена робота У. Й. Семак.

**Зв'язок роботи з науковими програмами і темами.** Дисертаційна робота виконана згідно з тематикою досліджень кафедри біології та екології Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника, а також кафедри фізіології та інтродукції рослин Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара в рамках держбюджетних тем «Інтродукція рідкісних, реліктових природних видів рослин та малопоширених культиварів культурних рослин в умовах степового Придніпров'я» (№ 0122U001454, замовник – МОН України) та «Порушення та адаптація різнорівневих біосистем в умовах антропогенної трансформації довкілля» (№ 0114U005004, замовник – МОН України). Протягом 2021-2023 років виконання дисертаційного дослідження відбувалось в рамках стипендійної програми Німецького федерального фонду довкілля (Deutsche Bundesstiftung Umwelt) в Інституті ландшафтного планування та екології, Штутгартський університет, Німеччина (Institute of Landscape planning and Ecology, Stuttgart University, Germany).

**Мета і завдання дослідження.** Мета дисертаційної роботи – охарактеризувати особливості рослинного покриву золошлаковідвалів Бурштинської ТЕС, проаналізувати біорізноманіття та екологічні властивості рослинності, з'ясувати потенціал фітобіоти у біоіндикації стану довкілля та стабілізації екологічної ситуації через встановлення рослинного покриву на золошлаковідвалах Бурштинської ТЕС. Для досягнення мети дослідження були поставлені такі завдання:

- дослідити біорізноманіття та еколого-ценотичні особливості рослинності золошлаковідвалів Бурштинської ТЕС;
- розробити пропозиції щодо фіторекультивациї території золошлаковідвалів Бурштинської ТЕС;
- вивчити біоіндикаційний потенціал рослин в умовах чинників золошлаковідвалів Бурштинської ТЕС;
- дослідити вміст важких металів у техногенних субстратах золошлаковідвалів та особливості їх акумуляції рослинами.

*Об'єкт досліджень* – рослинність техногенно-трансформованих екотопів золошлаковідвалів Бурштинської теплоелектростанції.

*Предмет досліджень* – фіторізноманіття та екологічні властивості рослинності, їх біоіндикаційний, рекультивацийний та ремедіаційний потенціали.

**Методи дослідження:** флористичні – з'ясування таксономічного складу рослинності, методи екологічного аналізу флори, фітоіндикаційні методи, фізико-хімічні методи аналізу ґрунту, статистичні методи опрацювання експериментальних даних.

#### **Аналіз основного змісту дисертаційної роботи.**

Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел (245 найменувань, з них 116 латиною), додатків. Робота ілюстрована 24 рисунками і 22 таблицями.

У **вступі** охарактеризовані передумови виконання досліджень, обґрунтована актуальність, сформульована мета і завдання дослідження, вказаний об'єкт, предмет і методи досліджень, наукова новизна та теоретичне значення отриманих результатів, відображено їх апробацію, особистий внесок здобувача.

У **першому розділі «Біоекологічні особливості рослин техногенних екотопів, їх біоіндикаційний та відновний потенціали (огляд літератури)»** авторка доволі детально і логічно аналізує основні літературні джерела, що стосуються досліджуваних питань, при цьому подається інформація як вітчизняних, так і зарубіжних дослідників. У підрозділі 1.1. надані матеріали з аналізу біоіндикаційного потенціалу рослинних організмів та їх угруповань в умовах техногенної трансформації екосистем. Вказується на актуальність здійснення комплексної біоіндикації їх стану, розглядаються питання фіторізноманіття як показника стабільності, біоморфологічної структури рослинного покриву, репродуктивної стратегії видів. Такі підходи, на думку авторки, є фундаментальною базою для розробки системи оптимізації та відновлення рослинності потенційно небезпечних територій техногенно-трансформованого середовища. Значна увага приділяється перспективним методам моніторингу його стану за морфологічними показниками як трав'яних, так і деревних рослин.

Акцентується увага на тому, що вивчення питань фіторекультивациї та фіторемедіаційного потенціалу рослинних організмів в умовах техногенних аномалій буде сприяти вирішенню питань відновлення рослинного покриву девастрованих територій.

В цілому огляд літератури проведено на достатньому рівні, що свідчить про добре знання проблеми за темою та високий теоретичний рівень підготовки дисертантки. Проведений аналіз літератури вказує на актуальність і правильність вибору напрямку дисертаційних досліджень.

**У розділі 2 «Характеристика району досліджень, об'єкти та методика досліджень»** надана ґрунтово-кліматична характеристика Бурштинського Опілля, звертається увага на особливості природних умов, орографічні фактори, ґрунтовий прокрив. Достатньо охарактеризована Бурштинська ТЕС, система гідравлічного золовидалення та транспортування золошлакових сумішей у золошлаковідвали, якими вже зараз зайнято 200 гектарів землі зі щорічним поповненням, що є об'єктами підвищеної екологічної небезпеки.

Семак У. Й. розглядає чинники та наслідки техногенного навантаження на екотопи в зоні впливу Бурштинської ТЕС, з чого витікає необхідність вжиття заходів, перед усім, шляхом стабілізації неодефотопів золошлаковідвалів.

Далі викладено суть методів, за якими проводили дослідження. Дисертантка застосувала велику кількість сучасних методів дослідження, які відповідають рівню, що передбачений для виконання дисертаційних робіт.

**У третьому розділі «Фіторізноманіття та екологічні особливості рослинності золошлаковідвалів Бурштинської ТЕС»** викладені результати вивчення видового різноманіття, його систематичної структури, репродуктивних особливостей та ценотичної стратегії видів на девастрованих територіях. Відмічається спрощення видової структури рослинності за цих умов зростання, домінування представників родин *Asteraceae*, *Poaceae*, *Fabaceae*. На дослідних ділянках 61,1% видового складу трав'яних рослин становлять аборигенні види. Визначено не тільки флористичний статус, але й ступінь натуралізації. Виділено види, які характеризуються ценотичною значимістю серед трав'яних і деревних рослин.

Значний об'єм виконаних робіт стосується аналізу спектру життєвих форм рослин, особливостей репродукції рослин на золошлаковідвалах Бурштинської ТЕС. Авторкою встановлено, що тут переважають види рослин, які запилюються комахами та поширюються шляхом зоохорії, що дозволило зробити висновок про потенційний вплив навколишніх екосистем на ефективність становлення рослинного покриву.

Для розуміння успішності заростання золошлаковідвалів суттєве значення має визначення особливостей поширення діаспор, чому і приділена значна увага. Зроблено аналіз переваги одних і недоліків інших їх типів саме для розповсюдження рослин, що зростають на дослідних ділянках. Проведення глибокого всебічного дослідження систематичної структури, репродуктивних особливостей, а також ценотичної структури і стратегій надало можливість виділити види трав'яних та деревних рослин, що складають основу флористичного біорізноманіття дослідних ділянок.

Спираючись на літературні дані та власні пропозиції, Семак У.Й. розробила підходи щодо відновлення рослинного покриву на золошлаковідвалах Бурштинської ТЕС, запропонувала ряд агротехнічних заходів для відтворення та підтримання фіторізноманіття цих територій.

**У розділі 4 «Реакційність морфологічних параметрів рослин за дії техногенного навантаження»** представлені матеріали з біоіндикаційних досліджень стану довкілля з використанням морфометричних показників. Здійснено аналіз їх змін у листків модельних дерев *Populus tremula*, *Betula pendula*, *Salix caprea*. Виявлені показники з найбільшою варіабельністю. Рівень зростання кількості листових пластинок зі зміною форми у індикаторних видів деревних

рослин використовується дисертанткою як показник техногенного навантаження. Негативну зміну стану довкілля пропонується оцінювати за величиною коефіцієнту форми листків *Populus tremula*, а за коефіцієнтом їх видовженості – листків *Populus tremula* та *Betula pendula*. Визначено також ступінь ушкодження листкових пластинок як показник техногенного стресу у деревних видів рослин, що складають основу флористичного різноманіття золошлаковідвалів Бурштинської ТЕС. Якщо розглядати рівень ушкодження листків як один із критеріїв стійкості рослин, то найбільш стійкими у даних екологічних умовах виявилась *Salix caprea*.

Семак У.Й. проаналізувала також мінливість морфологічних показників трав'яних рослин. Як індикатори були обрані найбільш поширені на дослідній ділянці рослини *Anthemis arvensis* і *Achillea millefolium*. Виявлено високу ступінь варіювання морфологічних ознак в умовах техногенного навантаження. Встановлено, що, у порівнянні з контрольним варіантом, найбільш варіабельними є такі показники, як кількість флоральних одиниць та трубчастих квіток.

Дисертанткою розраховані коефіцієнти кореляції між морфологічними параметрами вегетативних і генеративних органів у індикаторних рослин *Anthemis arvensis* і *Achillea millefolium*. Кореляційну структуру відображено на представлених у роботі схемах. Аналіз отриманих даних дозволив дійти до висновку, що більша кількість достовірних позитивних кореляційних зв'язків між показниками морфометричних значень вегетативних і генеративних органів спостерігається за умови відсутності техногенного пресингу, хоча окремі морфологічні ознаки показують вищий рівень скорельованості у рослин, що зростають на золошлаковідвалах. Виявлено, що індекс морфологічної цільності у особин обох досліджуваних трав'яних видів рослин більший на фоновій території, що показує суттєвішу дезінтегрованість у рослин техногенних територій. У цілому матеріали за темою розділу розкрито повністю.

**У заключному, п'ятому розділі «Акумуляція важких металів рослинами в умовах зростання на золошлаковідвалах Бурштинської ТЕС»** висвітлені дані з вивчення вмісту в технозомах золошлаковідвалів Бурштинської ТЕС важких металів та їх накопичення в рослинах. Аналіз кількісних показників рухомих форм цих забруднювачів у технозомах показав перевищення допустимих норм для деяких з них (зокрема, свинець та кадмій). Суттєвий інтерес становить визначення вмісту важких металів у листках деревних та трав'яних рослин, які складають основи флорального різноманіття досліджуваних територій. Показники біологічного накопичування та транслокаційного фактору вказують на те, що аналізовані види рослин можуть на певний час вилучати ці політанти з геохімічного колообігу. Зважаючи на екологічні ризики наявності важких металів у складі викидів та відходів промислових підприємств, ці дослідження є важливою складовою для розробки фіторе mediaційних заходів на деастрованих землях.

**Висновки до розділів за результатами роботи** сформульовані достатньо чітко. Вони повністю розкривають зміст роботи, відповідають головній меті та завданням дисертаційної роботи.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Основні положення дисертаційного дослідження, що визначають новизну отриманих наукових результатів, полягають у наступному:

*вперше:*

– подано систематичну структуру рослинного покриву діючого золошлаковідвалу Бурштинської ТЕС, проаналізовано флористичний статус видів, охарактеризовано еколого-ценотичну структуру досліджуваної рослинності. Виявлено, що рослинність золошлаковідвалів різнорідна і перебуває на різних стадіях розвитку – від піонерної рослинності до сформованих рослинних угруповань;

– подано рекомендації щодо відновлення рослинного покриву золошлаковідвалів: розроблено насіннєву суміш із видів аборигенної флори. Запропоновано деревні види для створення штучних лісових насаджень, а також описано агротехнічні підходи щодо встановлення рослинного покриву на золошлаковідвалах Бурштинської ТЕС;

– здійснено оцінку біоіндикаційного потенціалу деревних рослин в умовах зростання на золошлаковідвалах. Показано, що фоліарні морфометричні параметри у деревних видів виявляють високу морфологічну реакційність за дії техногенного навантаження і можуть використовуватися у якості біоіндикаційних маркерів для оцінки стану середовища. Рівень флуктуючої асиметрії зарекомендував себе достовірним індикатором техногенного пресингу в умовах золошлаковідвалів. У ході дослідження морфологічних особливостей трав'яних видів (*Achillea millefolium* та *Anthemis arvensis*) визначено морфологічну цілісність особин, що засвідчила вищі рівні дезінтегрованості в умовах золошлаковідвалів у порівнянні із рослинами, що зростають на території зі сприятливим режимом екологічних факторів;

– здійснено оцінку вмісту важких металів у техноземах золошлаковідвалів та особливості акумуляції фітотоксикантів листовими пластинками і трав'яними рослинами. Виявлено видоспецифічність у накопиченні важких металів, здійснено оцінку ефективності акумуляції видами полютантів та їх перспективність у фіторе mediaції ґрунтів що потребує подальших досліджень.

*Набуло подальшого розвитку:*

– уявлення про фіторізноманіття екосистем, що зазнали техногенної трансформації;

– підходи до відновлення рослинного покриву деастрованих територій;

– уявлення про біоіндикаційний потенціал рослинних організмів, зокрема, індикація за реакційністю морфологічних параметрів деревних і трав'яних рослин в умовах впливу техногенних факторів;

– уявлення про акумуляцію важких металів рослинами в умовах зростання на техногенних екотопах та їх перспективність у заходах фіторе mediaції.

**Практичне значення одержаних результатів.** Отримані результати дослідження є фундаментальним підґрунтям для розуміння процесів формування рослинного покриву на деастрованих територіях та слугують основою для розробки заходів відновлення рослинного покриву на території золошлаковідвалів. Запропоновані насіннєва суміш та види для лісової рекультивації рекомендовані до використання в ході відновлення рослинності на території золошлаковідвалів. Агротехнічні підходи щодо контролю та управління фіторізноманіттям допоможуть підтримати та сформувати багатовидові стійкі рослинні угруповання на території дослідження.

Основні положення дисертації впроваджені в освітній процес Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника у курсі лекцій: «Фітоіндикація», «Фітооптимізація трансформованих екосистем», «Відновлення

трансформованих екосистем», проведення навчальної практики студентів, виконання курсових і дипломних робіт та Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара у курсі лекцій: «Фітодизайн та зелена архітектура».

**Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, наукова новизна досліджень.** Викладені у дисертації наукові положення, відповідні висновки та рекомендації є обґрунтованими, достовірними і мають наукову новизну. Визначені автором об'єкт і предмет дослідження відображені в основному змісті дисертації.

Наукова новизна одержаних результатів дисертаційного дослідження підтверджується обґрунтованими та чітко сформульованими висновками, доповнюється пропозиціями та рекомендаціями автора. Зміст дисертації викладено послідовно та логічно, структура розкриває покладену в її основу авторську наукову ідею. Отримані дисертанткою теоретичні та практичні результати свідчать про досягнення поставлених завдань дослідницької роботи.

**Повнота викладу наукових положень, висновків і рекомендацій в опублікованих працях.** Основні положення дисертації та отримані результати досліджень висвітлено у 15 наукових працях, з яких 4 статті – у фахових наукових виданнях категорії Б, рекомендованих МОН України; 2 статті – у виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз, зокрема Scopus; 2 статті – у наукових фахових виданнях, що додатково висвітлюють результати досліджень; 7 тез доповідей, опублікованих у матеріалах науково-практичних конференцій.

#### **Зауваження та побажання до дисертаційної роботи:**

1. На сторінках 97-98 (рис. 3.4), дисертанка пише «особливості поширення насіння та діаспор», проте «діаспора – це загальний екологічний термін для будь-якої спори (статевої чи безстатевої), насіння, плоду, бруньки чи будь-якої іншої частини рослини або гриба, яка являє собою стадію розповсюдження організму і здатна відтворити новий організм».

2. У цифрових показниках немає єдиного підходу: в одних випадках після коми стоїть два знаки, в інших один або зовсім ні одного (стор. 117, табл. 4.1, табл. 4.3, табл. 4.8, табл. 5.1).

3. У підрозділі 2.4 «Матеріали та методи дослідження» доцільно було б вказати, за якою методикою визначалися площа некрозів на листках.

4. На сторінці 149 У.Й. Семак пише, що «накопичення металів відбувається у такому порядку...», або «лишкові пластинки накопичують метали в такому порядку», хоча мова йде не про те, в якому порядку накопичуються метали, а про кількісні показники їх накопичення. Правильніше було б написати: «за кількісними показниками накопичення важких металів їх можна розташувати у такому порядку...».

5. На рис. 5.2 (стор. 151) відображені кількісні показники акумуляції важких металів листками різних видів деревних рослин, а не акумуляція важких металів деревними видами. «Вид – сукупність особин, що утворюють географічно або екологічно вікарні популяції, що мають загальні морфофізіологічні ознаки...».

6. Дисертація загалом добре відредагована, але трапляються друкарські помилки (стор. 39, 44, 48, 69, 70, 72, 80 тощо) та стилістичні недоліки. Так, у другому абзаці на сторінці 97 слово «поширення» трапляється три рази в одному реченні. Зустрічаються недостатньо чітко сформульовані речення. Наприклад,

«спостерігається менше кількість коефіцієнтів на високому і середньому рівні значущості, що свідчить...» (стор. 138) та інші.

Проте наведені вищі зауваження не знижують цінності представленої дисертації.

**Загальна оцінка роботи та висновки.** Дисертаційна робота Семак Уляни Йосипівни на тему: «Природньо-колонізуюча рослинність золошлаковідвалів Бурштинської ТЕС: флористичне різноманіття, біологічно-екологічний та біоіндикаційний потенціали» за актуальністю задач, обсягом досліджень, науковим рівнем і практичною цінністю отриманих результатів є завершеною та самостійно виконаною науковою працею і відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертацій», постанові Кабінету Міністрів України № 44 від 12.01.2022 р. «Порядок присудження доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії».

Тема дисертації й одержані в ній результати відповідають спеціальності 091 «Біологія». Одержані в процесі дослідження наукові результати у своїй сукупності слугують для вирішення поставлених завдань дослідження, а її авторка – Семак Уляна Йосипівна заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 091 «Біологія».

Офіційний опонент:

Доктор біологічних наук,  
професор кафедри садово-паркового мистецтва  
та ландшафтного дизайну  
Дніпровського державного  
аграрно-економічного університету

В. П. Бессонова

Підпис офіційного опонента Бессонові В.П.

посвідчую:

