Міністерство освіти і науки України

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

ГОРБАНЬ ВАДИМ АНАТОЛІЙОВИЧ

УДК 574.72+631.43+630

ЕКОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕДАФОТОПІВ ЛІСОВИХ БІОГЕОЦЕНОЗІВ СТЕПОВОГО ПРИДНІПРОВ'Я

03.00.16 – екологія

РЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора біологічних наук

Дніпро
2026 рік

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Дніпровському національному університеті імені Олеся Гончара Міністерства освіти і науки України.

Опоненти: член-кореспондент НАН України,
доктор біологічних наук, професор
Заіменко Наталія Василівна,
Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка
НАН України,
директор

доктор біологічних наук, професор
Грицан Юрій Іванович,
Дніпровський державний технічний університет,
кафедра екології та охорони навколишнього середовища,
завідувач

член-кореспондент НААН України,
доктор біологічних наук, старший науковий співробітник
Мірошниченко Микола Миколайович,
Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства
та агрохімії імені О.Н. Соколовського»,
заступник директора з наукової роботи

Захист відбудеться «24» червня 2026 р. о 13^{00} годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.051.04 для захисту дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора біологічних наук у Дніпровському національному університеті імені Олеся Гончара за адресою: 49010, м. Дніпро, пр. Науки, 72, корпус 1, смарт-укриття.

Захист дисертації транслюватиметься за посиланням: _____

З дисертацією можна ознайомитись у Науковій бібліотеці Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара за адресою: 49107, вул. Ніла Армстронга, 8, та на сайті спеціалізованої вченої ради: https://www.dnu.dp.ua/dissertations/D08.051.04.

Про дату та місце захисту громадськість проінформовано
«14» травня 2026 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради,
кандидат біологічних наук Вікторія КОМЛИК

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Деградація ґрунтів є однією з найпоширеніших та найважливіших проблем сучасності, від якої залежить людська безпека у найближчому майбутньому (Amundson et al., 2015; Волощук, 2017; Muluneh, 2021). Ця проблема є актуальною для більшості країн світу (Hladky, 2018; Ulain et al., 2022). Деградація земель тісно взаємопов'язана з можливими наслідками кліматичних змін (Тараріко та ін., 2017; Lyalko et al., 2023).

Для ґрунтів України найбільш поширеними процесами деградації є: втрата гумусу та поживних речовин, переущільнення, підкислення, заболочування, водна та вітрова ерозія, забруднення радіонуклідами, пестицидами та іншими органічними речовинами, важкими металами, аридизація ґрунтів (Ачасова, 2008; Medvedev et al., 2014; Чорний, 2014; Балюк та ін., 2017; Ponomarenko et al., 2022).

Одним з найбільш ефективних заходів для запобігання деградації земель, екологічного відновлення ґрунтів, збереження їх від водної та вітрової ерозії, відновлення родючості є їхнє штучне заліснення (Schweizer et al., 2021; Dubyna et al., 2023). Природні та штучні ліси загалом виконують дуже ефективну захисну функцію від деградації ґрунтового покриву, особливо в обмеженні втрат гумусу та збереженні верхніх ґрунтових горизонтів (Wiśniewski, Märker, 2019; Yao et al., 2023).

Лісова рослинність як продуцентний енергетичний блок біогеоценозу є важливим фактором ґрунтоутворення. Однак, зростаючи в умовах географічної невідповідності, продуктивна здатність степового лісу піддається розкладенню та мінералізації в якісно відмінних від лісової зони абіотичних та біотичних факторах, в результаті чого в процесійному блоці створюються своєрідні властивості ґрунтового профілю у повній відповідності з умовами середовища (Травлеев, Белова, 2008). Хімічні та фізико-хімічні властивості, а також мікроморфологічні, радіоактивні, біологічні та енергетичні особливості, генезис та еволюція едафотопів степових лісів достатньо повно висвітлено в ряді робіт (Травлеев, 1972, 1977; Тупика, 1973, 1985; Дубина, 1973; Проценко, 1975; Адерихин и др., 1983; Цветкова, 1989, 1995, 2016; Белова, Альбицкая, 1989; Долгова, 1990; Черевко, 1990, 1992; Травлеев и др., 1991, 2007; Кулик, 1992, 1997; Белова, 1996, 1997, 2000; Белова, Травлеев, 1999, 2008; Котович и др., 2003; Кулік, 2004, 2005; Травлєєв та ін., 2005; Павлюкова, Кучма, 2007, 2009; Белова, Яковенко, 2008; Кулік, Василюк, 2010, 2011; Цвєткова, Дубина, 2011; Якуба, 2011; Яковенко, 2012; Стрижак, 2016; Яковенко, Білова, 2018 та ін.), в той самий час останні комплексні дослідження фізичних властивостей даних едафотопів, які є неодмінним об'єктом їх вивчення, оцінки, використання та охорони (Медведев, 2015), були виконані наприкінці 1990-х років (Олег, 1996).

З фізичними властивостями безпосередньо пов'язані практично всі екологічні функції та ефективна продуктивність ґрунтів. Здатність ґрунтів трансформувати речовини та енергію, взаємодіяти з водою, повітрям, речовинами, які потрапляють у ґрунт, з коренями рослин і в цілому формування та функціонування ґрунту як природного компоненту значною мірою залежить від його фізичних властивостей (Медведев, 2015). Фізичні властивості ґрунтів (щільність, пористість, структурно-агрегатний склад, водопроникність, колір та ін.)

разом з їх хімічними та біологічними властивостями використовуються як показники (або індикатори) якості (Arshad, Coen, 1992; Schoenholtz et al., 2000; Гамкало, 2008; van Hall et al., 2017; Чорний, 2018; Panawong et al., 2021) та здоров'я ґрунту (Cardoso et al., 2013; Feeney et al., 2023), при цьому велика увага приділяється саме функціональному прояву цих властивостей.

Як зазначає В. В. Медведєв (2017), в Україні вже досить давно склалася традиція вивчати лише ґрунти сільськогосподарських угідь, і при спробі скласти уявлення про ґрунтовий покрив під багаторічними насадженнями, зокрема лісами, очікується чимало труднощів. Все це зумовлює необхідність детального дослідження впливу лісової рослинності на фізичні властивості едафотопів степової зони України, оскільки ці властивості, інтерферуючи та видозмінюючи вплив факторів степового середовища, часто зумовлюють успіх або невдачу степового лісорозведення та лісовідновлення (Олег, 1996; Травлеев и др., 1996; Белова, Травлеев, 1999).

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана в 2012–2025 рр. у рамках наукових досліджень кафедри геоботаніки, ґрунтознавства та екології у складі Комплексної експедиції Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара з дослідження лісів степової зони України як частина державних науково-дослідних тем: «Екологічні принципи відновлення і створення захисних лісів в степу, їх роль в підвищенні родючості ґрунтів» (№ 0112U000191, 2012–2014); «Теоретичне обґрунтування впровадження у степу України лісотипологічних принципів з метою відновлення лісів, зупинення деградації ґрунтів та запобігання опустелювання» (№ 0115U002398, 2015–2017); «Розробка та впровадження інноваційної методики оцінки життєздатності та екологічних функцій інвазійних організмів у новому середовищі» (№ 0116U008040, 2016–2018); «Біоіндикація як основа оптимізації та охорони долиннотерасових ландшафтів степової зони України за умов антропогенно-кліматичних змін» (№ 0118U003303, 2018–2020); «Екологічна оцінка інвазійної активності для створення кадастру адвентивних видів флори і фауни степової зони України» (№ 0121U109771, 2021–2022); «Концепція трансформації рослинності степової зони України для мінімізації негативних наслідків воєнних дій» (№ 0123U101546, 2023–2025).

Мета та завдання досліджень. Мета роботи – теоретично обґрунтувати і розробити наукові основи з оцінювання комплексу фізичних властивостей едафотопів штучних та природних лісових біогеоценозів степового Придніпров'я для визначення їх екологічного, прогностичного та діагностичного значення.

Для досягнення поставленої мети були визначені такі завдання:

– визначити особливості впливу штучної лісової рослинності на фізичні властивості едафотопів в умовах північностепової та середньостепової підзон;

– встановити закономірності змін фізичних властивостей едафотопів під впливом природної лісової рослинності в умовах байрачних лісових біогеоценозів північного та південного варіантів;

– проаналізувати відмінності впливу штучної та природної лісової рослинності на трансформацію фізичних властивостей едафотопів степу;

– визначити найголовніші фактори, які зумовлюють зміни фізичних властивостей едафотопів під впливом лісової рослинності;

– з'ясувати роль фізичних властивостей едафотопів лісових біогеоценозів степу як предикторів у педотрансферних моделях для встановлення інших властивостей едафотопів;

– виявити діагностичне значення фізичних властивостей для оцінки едафотопів лісових біогеоценозів степу;

– розробити систему оцінки інтенсивності прояву сильватизації едафотопів за трансформацією їх фізичних властивостей.

Об'єкт дослідження – едафотопи штучних та природних лісових біогеоценозів степового Придніпров'я.

Предмет дослідження – комплекс фізичних властивостей едафотопів штучних та природних лісових біогеоценозів степу.

Методи дослідження – польові, геоботанічні, еколого-біогеоценологічні, макроморфологічні, метод гранулометрії на основі закону Стокса, ситовий метод, буровий метод відбору зразків у непорушеному стані, пікнометричний метод, метод імпульсного нагрівання, електрофізичні методи, спектральні методи, методи варіаційної статистики, кореляційного, регресійного та однофакторного дисперсійного аналізу.

Наукова новизна одержаних результатів. *Уперше:*

– встановлено споріднені зміни властивостей твердої фази, гідрофізичних, теплофізичних, електрофізичних та спектральних властивостей, β-активності едафотопів під впливом штучної лісової рослинності в умовах північностепової та середньостепової підзон;

– виявлено особливості комплексу фізичних властивостей едафотопів, які сформувалися під природною лісовою рослинністю в байрачних лісових біогеоценозах північного та південного варіантів;

– визначено межі варіювання теплофізичних та електрофізичних властивостей, а також кольорових показників едафотопів лісових біогеоценозів степової зони;

– розроблено педотрансферні моделі для встановлення вмісту органічного вуглецю в досліджуваних едафотопах з використанням як предикторів їх фізичних властивостей;

– встановлено оціночні градації едафотопів лісових біогеоценозів у степу за величинами їх температуропровідності, теплоємності, теплопровідності, питомого електричного опору, діелектричної проникності, кольорових показників системи RGB та β-активності;

– розроблено систему якісної оцінки інтенсивності прояву сильватизації, яка ґрунтується на кількісній та якісній характеристиці змін фізичних властивостей едафотопів степу під впливом лісової рослинності.

Набули подальшого розвитку:

– методики визначення теплофізичних властивостей, діелектричної проникності та кольорових показників едафотопів;

– алгоритм побудови та верифікації педотрансферних моделей, які ґрунтуються на результатах дослідження фізичних властивостей едафотопів;

– концепція О. Л. Бельгарда – А. П. Травлєєва щодо сильватизації та десильватизації.

Практичне значення одержаних результатів. Результати роботи є розвитком напрямів степового лісознавства та лісового ґрунтознавства, пов’язаних з вивченням взаємозумовленого комплексу фізичних властивостей едафотопів та особливостей штучних та природних лісових біогеоценозів степу.

Комплексний аналіз трансформації фізичних властивостей едафотопів під впливом лісової рослинності підтверджує актуальність та перспективність лісорозведення в степовій зоні України з урахуванням типологічних принципів О. Л. Бельгарда, яке забезпечує покращення фізичних властивостей степових ґрунтів.

Розроблені педотрансферні моделі на основі результатів досліджень фізичних властивостей едафотопів можуть використовуватися для практичного визначення вмісту органічного вуглецю в едафотопах лісових біогеоценозів степу.

Висновки дисертації щодо взаємозумовленості величин фізичних властивостей едафотопів лісових біогеоценозів та інтенсивності прояву сильватизації можуть бути використані при оцінці перетворюючої ролі лісової рослинності в умовах степової зони.

Наукові результати роботи увійшли до проєкту створення об’єкту природно-заповідного фонду ландшафтного заказника загальнодержавного значення «Самарський бір» у Самарівському (Новомосковському) районі Дніпропетровської області.

Основні теоретичні положення та матеріали дисертаційної роботи застосовуються при викладанні дисциплін «Загальна екологія», «Методи біогеоценологічних досліджень», «Екологічне ґрунтознавство», «Радіоекологія», «Екологія ґрунтів» при підготовці за першим (бакалаврським), другим (магістерським) та третім (освітньо-науковим) рівнями вищої освіти за освітньою програмою Е2 (101) «Екологія» у Дніпровському національному університеті імені Олеся Гончара та інших закладах вищої освіти України. Також результати дисертації впроваджено в науково-дослідну роботу Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» та Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка НАН України, виробничу діяльність Державного підприємства «Бар’єр».

Особистий внесок здобувача. Дисертація є результатом самостійного наукового дослідження, виконаного автором протягом 2012–2025 рр. у складі Комплексної експедиції Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара з дослідження лісів степової зони України. Автором розроблено план виконання роботи, сформульовано мету та завдання дослідження, визначено його об’єкт та предмет, виконано аналіз літературних джерел, обґрунтовано методологію досліджень. Польові та лабораторні дослідження, опрацювання даних, узагальнення та інтерпретація отриманих результатів, оформлення роботи, написання розділів, формулювання висновків виконані дисертантом самостійно. Особисто або у співавторстві, за згодою співавторів, підготовлено до публікації наукові роботи, в яких наведено основний зміст дисертації. Наукові результати, які виносяться на захист, отримані дисертантом особисто.

Вибір теми та основних напрямів дослідження здійснено за участі члена-кореспондента НАН України, заслуженого діяча науки і техніки України, лауреата Державної премії в галузі науки і техніки, доктора біологічних наук, професора А. П. Травлєєва та доктора біологічних наук, професора Н. А. Білової.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи та результати досліджень доповідалися та обговорювалися на IX з'їзді Українського товариства ґрунтознавців та агрохіміків (Миколаїв, 2014); III Міжнародному форумі студентів, аспірантів і молодих учених (Дніпропетровськ, 2015); VIII Міжнародній науковій конференції «Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах» (Дніпропетровськ, 2015); Міжнародній науковій конференції «Екологічні дослідження лісових біогеоценозів степової зони України» (Дніпро, 2016); XIV з'їзді Українського ботанічного товариства (Київ, 2017); International scientific congress «Medical and Biological Sciences: Achievements and Perspectives» (Tanzania, 2018); XI з'їзді Українського товариства ґрунтознавців та агрохіміків (Харків, 2018); II Міжнародній науковій конференції «Екологічні дослідження лісових біогеоценозів степової зони України» (Дніпро, 2018); Міжнародній науково-практичній конференції, присвяченій 90-річчю з дня народження чл.-кор. НАН України, д.б.н., професора А. П. Травлєєва «Геоботанічні, ґрунтові та екологічні дослідження лісових біогеоценозів степової зони: історія, сучасність, перспективи» (Дніпро, 2019); VI International Scientific and Practical Conference «NEW ROUTE» (Athens, 2020); Всеукраїнській науково-практичній інтернет-конференції молодих учених та спеціалістів «Ґрунти України, їх стан та збалансоване використання» (Харків, 2020); Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих учених та спеціалістів, присвяченій 65-річчю заснування Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського» «Збалансоване управління ґрунтовими ресурсами – запорука сталого розвитку агросфери» (Харків, 2021); XI Міжнародній науковій конференції «Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах» (Дніпро, 2021); Міжнародній науково-практичній конференції, присвяченій 120-річчю з дня народження доктора біологічних наук, професора О. Л. Бельгарда «Геоботанічні, ґрунтові та екологічні дослідження лісових біогеоценозів степової зони: історія, сучасність, перспективи» (Дніпро, 2022); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Перлини степового краю» (Миколаїв, 2022); X Міжнародній науково-технічній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Молодь: наука та інновації» (Дніпро, 2022); III Міжнародній інтернет-конференції «Актуальні проблеми формальної і неформальної освіти з моніторингу довкілля та заповідної справи» (Харків, 2024); Міжнародній науково-практичній конференції «Наукові досягнення у дослідженнях молоді з вирішення актуальних запитів ґрунтознавства та агрохімії» (Харків, 2024); III Міжнародній науково-практичній конференції, присвяченій 95-річчю з дня народження чл.-кор. НАН України, д.б.н., професора А. П. Травлєєва «Геоботанічні, ґрунтові та екологічні дослідження лісових біогеоценозів степової зони: історія, сучасність, перспективи» (Дніпро, 2024); XV З'їзді Українського ботанічного товариства

(Івано-Франківськ, 2024); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Проблеми фундаментальної, прикладної екології та екологічної освіти», присвяченій 90-річчю від дня народження Володимира Івановича Шанди, к.б.н., професора кафедри ботаніки та екології Криворізького державного педагогічного університету (Кривий Ріг, 2025).

Публікації. Основні результати дисертаційної роботи опубліковано у 58 наукових працях, із них 2 – розділи монографії (1 – у наукометричній базі Scopus), 8 – статті у виданнях, які включені до міжнародних наукометричних баз Scopus та/або Web of Science, 26 – статті, що входять до переліку фахових видань, 22 – матеріали наукових конференцій.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота викладена на 430 сторінках комп'ютерного тексту і складається зі вступу, 9 розділів, висновків та практичних рекомендацій, списку використаних джерел та додатків. Робота містить 84 таблиці та 56 рисунків. Список використаних джерел літератури складає 468 найменувань, з них 181 – латиницею.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВЗАЄМОДІЇ ЛІСОВОЇ РОСЛИННОСТІ ТА ЕДАФОТОПІВ В УМОВАХ СТЕПУ (АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД)

Еволюція та генезис степових едафотопів під лісовою рослинністю. Розглянуто особливості еволюції та генезису степових едафотопів під штучними та природними лісами. Наведено визначення едафотопу (Бельгард, 1971; Номоконов, 1989; Белова, Травлеев, 1999). Сприятливий вплив лісів на едафотопи виявляється у збільшенні в них умісту органічних речовин, покращенні структурно-агрегатного складу, прояві процесів лесиважу (Травлеев, 1972; Тупика, 1985; Белова, Травлеев, 1999; Яковенко, Білова, 2018). Наведено особливості формування едафотопів байрачних лісових біогеоценозів в умовах степової зони (Травлеев, 1972, 1977; Білова, 2000; Травлеев и др., 2007, 2008). Висвітлено участь лісової рослинності в генезисі чорноземів європейських країн (Eckmeier et al., 2007; Vysloužilová et al., 2014; Labaz et al., 2018, 2019, 2022; Lasota et al., 2019).

Фізичні властивості едафотопів як екологічний чинник функціонування лісових біогеоценозів. Показано важливе лісорослинне значення фізичних властивостей едафотопів, які часто відіграють роль вирішального екологічного фактора і визначають успіх або невдачу лісорозведення у степових умовах (Олег, 1996). Фізичні властивості, формуючи водно-повітряний, тепловий та поживний режими едафотопу, а також умови розвитку кореневої системи, найчастіше стають обмежувальним фактором росту і розвитку рослин (Реєстр.., 2016). Фізичні властивості, внаслідок існування взаємозв'язків між ними та іншими властивостями і процесами, які відображають особливості будь-якого едафотопу, здатні показати стан усього лісового біогеоценозу, і тому їх можна використовувати як загальний інтегральний екологічний показник стану едафотопів (Белова, Травлеев, 1999). Наведено взаємозв'язки фізичних властивостей едафотопів зі структурними компонентами

лісового біогеоценозу – фітоценозом (Бельгард, 1971; Олег, 1996; Надточій та ін., 2010; Іванько, 2016), зооценозом (Булахов и др., 1977; Пахомов, 1998, 2004; Булахов та ін., 2007; Кунах и др., 2011), мікробоценозом (Черевко, 1991; Solonenko et al., 2020), кліматопом (Бельгард, 1971; Грицан, 2000) та едафотопом (Травлеев, 1972; Цветкова и др., 1976; Зонн, Травлеев, 1989; Белова, Травлеев, 1999).

ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Фізико-географічна характеристика степового Придніпров'я. Наведено природні особливості степового Придніпров'я (Половина, 1998; Белова, Травлеев, 1999; Грицан, 2000; Маринич, Шищенко, 2005; Тарасов, 2005; Горб, Дук, 2006; Булахов, Пахомов, 2006; Baranovski et al., 2023).

Об'єкти досліджень. Досліджували едафотопи, які сформувалися під степовою рослинністю, а також у лісових культурбіогеоценозах та природних байрачних лісах степової зони України (рис. 1).

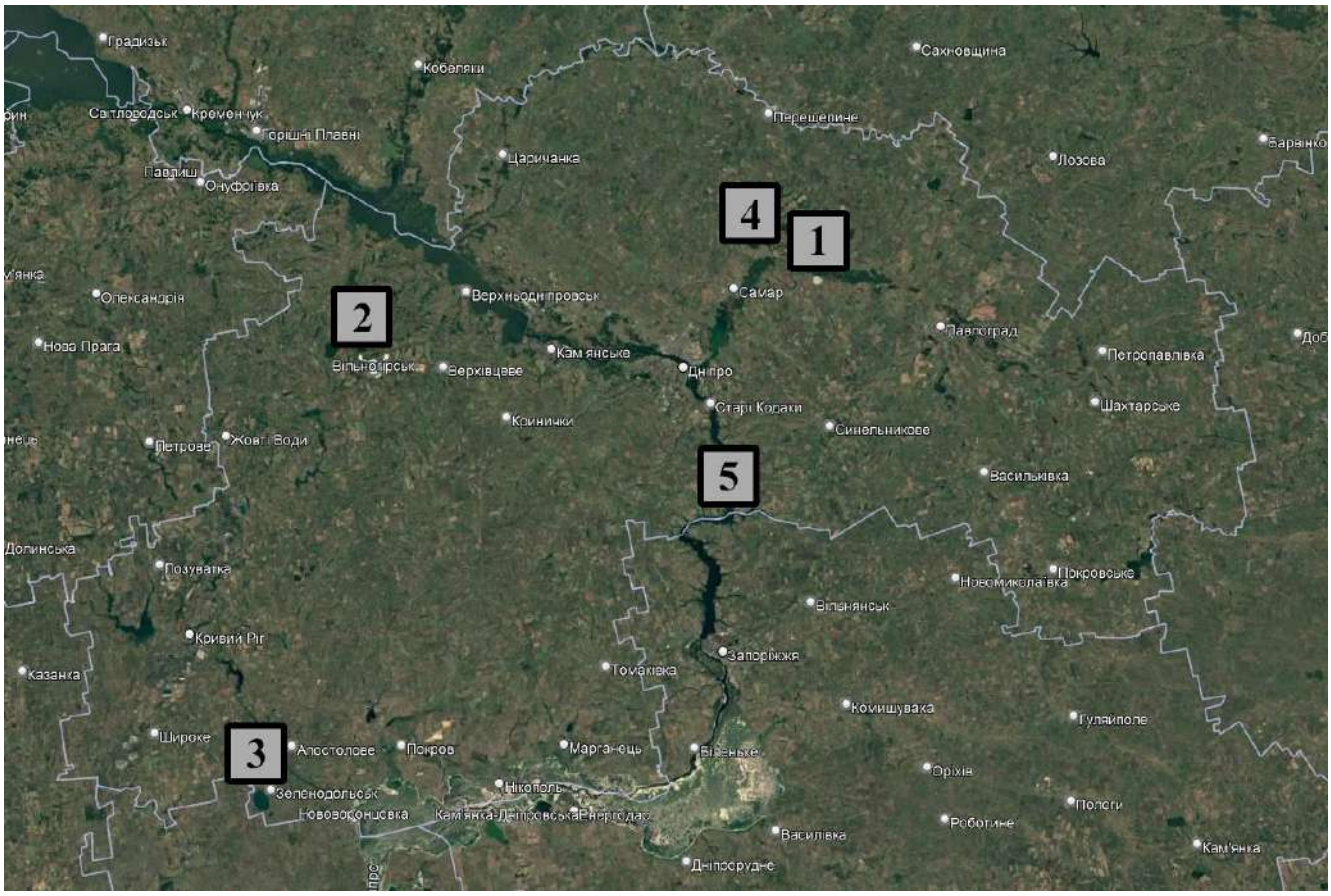


Рис. 1. Географічне розташування об'єктів дослідження
(джерело географічної основи Google Earth):
1 – пробні площі 1-ПД, 2-ПД, 3-ПД (едафотопи в умовах північностепової підзони);
2 – пробні площі 1-КМ, 2-КМ, 3-КМ (едафотопи в умовах північностепової підзони);
3 – пробні площі 1-ЧП, 2-ЧП, 3-ЧП (едафотопи в умовах середньостепової підзони);
4 – пробні площі 1-БГ, 2-БГ, 3-БГ, 4-БГ, 5-БГ (едафотопи байраку Глибокого);
5 – пробні площі 1-БВ, 2-БВ, 3-БВ, 4-БВ, 5-БВ (едафотопи байраку Військового)

Дослідження трансформації фізичних властивостей едафотопів під впливом штучної лісової рослинності в межах північностепової підзони (різнотравно-

кострицево-ковилових степів) виконували на прикладі пробних площ, закладених в умовах Присамар'я Дніпровського (Самарівський район, Дніпропетровська область) та Комісарівського лісового масиву (Кам'янський район, Дніпропетровська область), в межах середньостепової підзони (кострицево-ковилових степів) – на прикладі пробних площ, закладених поблизу м. Зеленодольська (Криворізький район, Дніпропетровська область). При дослідженні впливу штучної лісової рослинності на едафотопи основна увага приділена лісовим насадженням *Robinia pseudoacacia* L. та *Quercus robur* L., які в межах степової зони України займають значні площі (Ліс у Степу.., 2006) і відрізняються різним середовищеперетворювальним ефектом (Грицан, 2000).

Дослідження зміни фізичних властивостей едафотопів під впливом природної лісової рослинності в умовах байрачних біогеоценозів північного варіанта виконували на прикладі пробних площ, закладених в байраку Глибокому (Самарівський район, Дніпропетровська область), в умовах байрачних біогеоценозів південного варіанта – на прикладі пробних площ, закладених в байраку Військовому (Дніпровський район, Дніпропетровська область). Обрані байраки характеризуються різними гідротермічними умовами, зумовленими особливостями їх географічного розташування (Бельгард, 1971; Белова, Травлеев, 1999).

Для встановлення особливостей змін фізичних властивостей едафотопів культурбіогеоценозів як контроль досліджували фізичні властивості едафотопів, які сформувалися під степовою рослинністю на суміжних місцевостях. При дослідженні змін фізичних властивостей едафотопів байрачних біогеоценозів як контроль вивчали фізичні властивості едафотопів, які сформувалися під степовою рослинністю на узліссях досліджуваних байраків.

Методи досліджень. В основу методологічних підходів, які застосовували при дослідженні трансформації фізичних властивостей едафотопів степу під впливом лісової рослинності, покладено вчення В. М. Сукачова (1964) про біогеоценоз, вчення С. В. Зонна (1964) про ґрунт як компонентне тіло біогеоценозу, а також типологічні принципи, розроблені О. Л. Бельгардом (1950, 1960, 1971) для природних та штучних лісів степової зони.

Польові дослідження проводили відповідно до загальноприйнятих біогеоценотичних польових методів дослідження (Программа .., 1974; Принципы .., 1976).

Еколого-лісотипологічну характеристику лісових культурбіогеоценозів та байрачних лісових біогеоценозів наведено за О. Л. Бельгардом (1950, 1960). Макроморфологічний опис ґрунтових профілів виконано за Б. Г. Розановим (1983).

Властивості твердої фази, гідрофізичні, теплофізичні та електрофізичні властивості, а також кольорові показники едафотопів досліджували в лабораторії фізики ґрунтів кафедри геоботаніки, ґрунтознавства та екології Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара.

Серед властивостей твердої фази едафотопів визначали гранулометричний склад – методом піпетки (Качинский, 1965), з підготовкою зразка шляхом розтирання з 4%-ним розчином пірофосфату натрію ($Na_2P_2O_7$) (Агрофизические

методы .., 1966); структурно-агрегатний склад – ситовим методом (сухе та мокре просіювання) у модифікації Н. І. Саввінова (ДСТУ 4744:2007) (Медведев, 2008); щільність – буровим методом (Вадюнина, Корчагина, 1986); щільність твердої фази – пікнометрично (Качинский, 1965); загальну пористість – розрахунково (Вадюнина, Корчагина, 1986); зв'язність – з використанням приладу ZE-400 (Олег, 1997); опірність до здавлювання – з використанням приладу PPGi-2292 (Горбань, 2007).

Досліджували такі гідрофізичні властивості едафотопів: максимальну гігроскопічну вологу визначали шляхом максимального насичення з використанням 10%-ного розчину H2SO4 (Вадюнина, Корчагина, 1986); вологу в'янення – розрахунково, шляхом множення величини максимальної гігроскопічної вологи на коефіцієнт 1,34 (Медведев и др., 2011); польову вологоємність та водопроникність – методом трубок (Вадюнина, Корчагина, 1986); діапазон активної вологи – розрахунково (Качинский, 1970); вологу розриву капілярного зв'язку та відносну доступність вологи – розрахунково (Медведев и др., 2011).

Серед теплофізичних властивостей едафотопів визначали температуропровідність, теплоємність та теплопровідність – методом імпульсного нагрівання з використанням спеціально розробленої установки та програмного забезпечення (В. А. Горбань, А. А. Горбань, 2007).

Досліджували такі електрофізичні властивості едафотопів: питомий електричний опір, питому електропровідність, мінералізацію, солоність та діелектричну проникність. Питомий електричний опір едафотопів досліджували шляхом вимірювання сили струму та напруги у ґрунтових пастах з використанням кювети (Pozdnyakov, 2008) за допомогою чотириелектродного датчика (Поздняков, Хан, 1979; Вадюнина, Корчагина, 1986). Для дослідження питомої електропровідності, мінералізації та солоності водну суспензію ґрунту (1:5) готували шляхом змішування 4 г повітряно-сухого ґрунту з 20 мл дистильованої води у мірному циліндрі, перемішували протягом двох хвилин (Бедернічек та ін., 2009). Електрофізичні показники водної суспензії ґрунту вимірювали за допомогою кондуктометра-солеміра-термометра Ezodo-7021 (Дегтярьов, 2014, 2015). Визначення діелектричної проникності едафотопів виконували з використанням цифрового вимірювача ємності СМ-9601А, із застосуванням конденсатора циліндричної форми, виготовленого з оргскла (відповідно до рекомендацій А. Ф. Вадюніної та З. О. Корчагиної, 1986).

Визначення кольорових показників едафотопів виконували за допомогою сканера. Для сканування використовували ґрунтові зразки, які попередньо зволожували до пастоподібного стану, перемішували, розміщали у спеціальні округлі форми розміром приблизно 25×25 мм та висушували на склі до повітряно-сухого стану. Для подальшого аналізу отриманого зображення з роздільною здатністю 300 пікселей використовували програму Adobe Photoshop, в якій інструмент «піпетка» (5×5 пікселей) дозволяє отримувати ряд характеристик кольору об'єкта в кольорових моделях (Горбань та ін., 2019).

Відбивну здатність едафотопів досліджували в лабораторії низькотемпературної спектроскопії кристалів кафедри прикладної радіофізики, електроніки та наноматеріалів Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара. Визначення відбивної здатності едафотопів виконували за допомогою монохроматора в діапазоні довжин хвиль 400–750 нм шляхом вимірювання яскравості ґрунтових зразків і еталону та наступного розрахунку спектральних коефіцієнтів яскравості R, які виражають відсоткове відношення яскравості об'єкта, що досліджується, до яскравості абсолютно білої поверхні (еталона). Джерелом випромінювання слугувала галогенова лампа. Для дослідження брали фракцію розміром 0,5–1 мм, яку поміщали в кювету з кварцу розміром 35×17×5 мм. Як еталон використовували оксид магнію. Вимірювання яскравості проводили з кроком 5 нм, з усередненням по трьох значеннях у точці для кожного значення довжини хвилі (Горбань, Гуслистий, 2018).

Дослідження β-активності едафотопів проводили в лабораторії радіоекології та біоенергетики Науково-дослідного інституту біології та кафедри геоботаніки, ґрунтознавства та екології Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара. β-активність досліджували з використанням приладу УМФ-1500, для цього визначали β-активність золи та коефіцієнт озолення (Гродзинский, 1965).

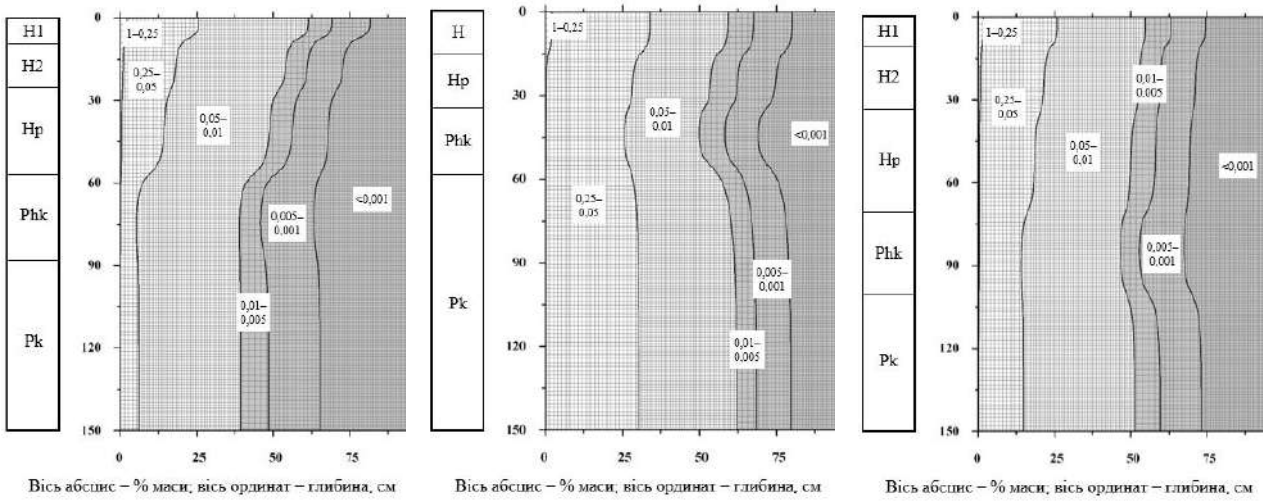
Отримані результати досліджень оброблялися статистично за допомогою програм Microsoft Excel (Microsoft Corporation), Statistica 12.0 (StatSoft Inc., USA) та OriginPro 9.1 (OriginLab), а також загальноприйнятих методів математичної статистики та біометрії (Дмитриев, 1972; Лакин, 1990).

ВПЛИВ ШТУЧНОЇ ЛІСОВОЇ РОСЛИННОСТІ НА ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЕДАФОТОПІВ (ПІВНІЧНОСТЕПОВА ПІДЗОНА)

Еколого-лісотипологічна характеристика лісових культурбіогеоценозів та макроморфологічна характеристика едафотопів. Дослідження трансформації фізичних властивостей едафотопів під впливом штучної лісової рослинності в межах північностепової підзони (різнотравно-кострицево-ковилових степів) виконували з використанням зразків, відібраних з едафотопів під степовою рослинністю (контроль), едафотопів під насадженням *Robinia pseudoacacia* L. та під насадженням *Quercus robur* L. в умовах Присамар'я Дніпровського (пробні площі 1-ПД, 2-ПД та 3-ПД, Самарівський р-н, Дніпропетровська обл.) та Комісарівського лісового масиву (пробні площі 1-КМ, 2-КМ та 3-КМ, Кам'янський р-н, Дніпропетровська обл.).

Властивості твердої фази едафотопів лісових культурбіогеоценозів. Аналіз особливостей гранулометричного складу виявив, що в умовах Присамар'я Дніпровського едафотопи під степовою рослинністю та під насадженням *R. pseudoacacia* характеризуються середньосуглинковим, а едафотоп під насадженням *Q. robur* – важкосуглинковим гранулометричним складом (рис. 2). В умовах Комісарівського лісового масиву едафотопи під степовою рослинністю та під насадженням *R. pseudoacacia* відрізняються

важкосуглинковим, під насадженням *Q. robur* – середньосуглинковим гранулометричним складом.



а *б* *в*

Рис. 2. Профільне зображення гранулометричного складу
едафотопів Присамар'я Дніпровського:
а – едафотоп під степовою рослинністю ПП 1-ПД; *б* – едафотоп під насадженням *R. pseudoacacia* ПП 2-ПД; *в* – едафотоп під насадженням *Q. robur* ПП 3-ПД

Аналіз структурно-агрегатного складу виявив, що зростання насаджень *R. pseudoacacia* та *Q. robur* сприяло появі в нижніх горизонтах фракції розміром >10 мм, а також зростанню величин коефіцієнта структурності верхніх горизонтів досліджуваних едафотопів. За результатами визначення водостійкості агрегатів установлено, що переважною є водостійка фракція розміром <0,25 мм. Зростання насаджень *R. pseudoacacia* та *Q. robur* зумовило зменшення вмісту водостійкої фракції розміром <0,25 мм у верхніх горизонтах едафотопів за рахунок збільшення вмісту водостійких фракцій інших розмірів, що може бути пов'язано зі збільшенням умісту $CaCO_3$ в цих горизонтах (Чорний, Письменний, 2007).

Зростання насаджень *R. pseudoacacia* та *Q. robur* на едафотопах зумовило зменшення величин щільності та збільшення величин загальної пористості порівняно з едафотопом під степовою рослинністю, що можна пояснити кращим структурно-агрегатним складом едафотопів під лісовими насадженнями.

Гідрофізичні властивості едафотопів лісових культурбіогеоценозів. Аналіз гідрофізичних властивостей виявив, що в умовах Присамар'я Дніпровського зростання насаджень *R. pseudoacacia* та *Q. robur* практично не призвело до змін величин максимальної гігроскопічної вологи та вологи в'янення едафотопів. Одночасно з цим вплив лісових насаджень зумовив кращу вологозабезпеченість едафотопів, що відзначилося у збільшенні величин польової вологоємності, діапазону активної вологи, вологи розриву капілярів та відносної доступності вологи. В умовах Комісарівського лісового масиву зростання лісових насаджень з *R. pseudoacacia* та *Q. robur* на едафотопах зумовило зростання їх величин

максимальної гігроскопічної вологи та вологи в'янення у верхніх горизонтах порівняно з едафотопом під степовою рослинністю.

Верхні горизонти досліджених едафотопів відрізняються збільшеними величинами водопроникності порівняно з нижніми горизонтами. При цьому едафотопи лісових насаджень, за рахунок кращого структурно-агрегатного складу, характеризуються більшими величинами водопроникності порівняно з едафотопами під степовою рослинністю.

Теплофізичні властивості едафотопів лісових культурбіогеоценозів. Аналіз результатів вимірювання температури повітря та едафотопів виявив, що найбільш виражений вплив на ці показники здійснюють лісові насадження *Q. robur*. Отримані результати узгоджуються з даними, які свідчать про найбільшу середовищеперетворюючу роль у степових умовах деревних порід, що формують тіньову світлову структуру (Грицан, 2002; Іванько, 2016). Вплив лісових насаджень з *R. pseudoacacia* та *Q. robur* на теплофізичні властивості едафотопів в умовах Присамар'я Дніпровського проявився у збільшенні їх величин порівняно із едафотопом під степовою рослинністю (табл. 1).

Вплив лісових насаджень з *R. pseudoacacia* та *Q. robur* на теплофізичні властивості едафотопів в умовах Комісарівського лісового масиву зумовив збільшення їх величин температуропровідності порівняно з едафотопом під степовою рослинністю. Зростання насадження з *R. pseudoacacia* призвело до збільшення величин теплопровідності та зменшення величин теплоємності, а насадження з *Q. robur* – до збільшення величин теплоємності та зменшення величин теплопровідності едафотопів.

Таблиця 1

Теплофізичні властивості едафотопів Присамар'я Дніпровського

Генетичний горизонт	Глибина, см	Температуропровідність, 10^{-7} м^2/с	Теплоємність, МДж/(м^3·К)	Теплопровідність, Дж/(м·с·К)
Едафотоп під степовою рослинністю ПП 1-ПД				
H1	0–7	6,142±0,312	1,212±0,014	0,727±0,029
H2	7–26	5,906±0,543	1,210±0,021	0,699±0,064
Hp	26–56	5,708±0,253	1,187±0,066	0,665±0,058
Phk	56–85	6,157±0,450	1,178±0,039	0,707±0,060
Pk	85–150	6,391±0,368	1,182±0,064	0,738±0,079
Едафотоп під насадженням *R. pseudoacacia* ПП 2-ПД				
H	0–14	7,014±0,247	1,270±0,078	0,854±0,037
Hp	14–34	6,456±0,284	1,220±0,052	0,759±0,071
Phk	34–56	6,858±0,559	1,231±0,051	0,818±0,101
Pk	56–120	6,788±0,507	1,215±0,075	0,795±0,080
Едафотоп під насадженням *Q. robur* ПП 3-ПД				
H1	0–10	6,408±0,117	1,229±0,038	0,759±0,019
H2	10–35	6,289±0,299	1,255±0,018	0,764±0,032
Hp	35–70	6,734±0,173	1,239±0,037	0,800±0,024
Phk	70–100	6,440±0,236	1,258±0,018	0,786±0,022
Pk	100–150	6,756±0,263	1,196±0,023	0,780±0,038

Електрофізичні властивості едафотопів лісових культурбіогеоценозів. В результаті дослідження питомого електричного опору едафотопу під степовою рослинністю в умовах Присамар'я Дніпровського встановлено, що його мінімальна величина (1,70 Ом·м) властива верхньому горизонту H1. З глибиною спостерігається зростання величин питомого електричного опору. В едафотопі під насадженням *R. pseudoacacia* горизонти H та Hp характеризуються мінімальними величинами питомого електричного опору (3,35 та 3,29 Ом·м відповідно), з глибиною спостерігається збільшення його величин. Горизонти H1 та Hp едафотопу під насадженням *Q. robur* відрізняються мінімальними величинами питомого електричного опору (3,23 та 3,20 Ом·м відповідно), максимальна величина (3,77 Ом·м) виявлена в горизонті Pk. Максимальна величина питомої електропровідності в едафотопі під степовою рослинністю властива горизонту H1 (225 мкСм/см), з глибиною спостерігається зменшення її величин. Максимальні величини мінералізації та солоності також виявлено в горизонті H1 (182 мг/кг та 138 мг/кг відповідно), з глибиною спостерігається зменшення величин цих показників. Горизонти едафотопу під насадженням *R. pseudoacacia* практично не відрізняються між собою за величиною питомої електропровідності. Максимальні величини мінералізації та солоності виявлено в горизонті H (83 мг/кг та 67 мг/кг відповідно), з глибиною спостерігається поступове зменшення цих величин. В едафотопі під насадженням *Q. robur* максимальні величини питомої електропровідності, мінералізації та солоності характерні для горизонту Phk (105 мкСм/см, 81 мг/кг та 66 мг/кг відповідно).

В умовах Комісарівського лісового масиву вплив лісового насадження з *R. pseudoacacia* зумовив збільшення величин питомого електричного опору та електрофізичних показників водної витяжки верхніх горизонтів едафотопу порівняно з едафотопом під степовою рослинністю. Зростання лісового насадження з *Q. robur* зумовило зменшення величин питомого електричного опору та збільшення величин електрофізичних показників верхніх горизонтів едафотопу порівняно з едафотопом під степовою рослинністю.

В результаті дослідження діелектричної проникності едафотопів установлено, що вплив лісових насаджень з *R. pseudoacacia* та *Q. robur* сприяє зменшенню її величин у верхніх горизонтах досліджуваних едафотопів порівняно з едафотопом під степовою рослинністю. Це пов'язано з їх кращим структурно-агрегатним складом, зокрема за рахунок збільшеного вмісту органічних речовин, характерного для едафотопів під лісовими насадженнями порівняно з едафотопом під степовою рослинністю.

Кольорові показники, відбивна здатність та β-активність едафотопів лісових культурбіогеоценозів. Дослідження кольорових показників едафотопу під степовою рослинністю та едафотопів під насадженнями *R. pseudoacacia* та *Q. robur* з використанням зразків у повітряно-сухому стані виявило, що поверхневим горизонтам притаманні мінімальні величини показників систем HSB, RGB та Lab, з глибиною спостерігається їх зростання. При цьому величини показників системи CMYK навпаки зменшуються з глибиною. Враховуючи особливості розподілу органічних речовин у ґрунтовому профілі чорноземів звичайних (Дегтярьов, 2011), можна стверджувати, що мінімальні величини

показників систем HSB, RGB та Lab та максимальні величини показників системи CMYK, якими характеризуються поверхневі горизонти досліджуваних едафотопів, відповідають максимальному вмісту органічних речовин і, як наслідок, найтемнішому забарвленню горизонтів.

Дослідження характеристик відбивної здатності едафотопів в умовах Присамар'я Дніпровського виявили, що поверхневі горизонти усіх досліджуваних едафотопів відрізняються зменшеними величинами коефіцієнтів яскравості при довжинах хвилі 480, 650, 750 нм, а також інтегрального коефіцієнта яскравості порівняно з нижніми горизонтами.

В умовах Присамар'я Дніпровського аналіз величин коефіцієнтів озолення горизонтів едафотопу під степовою рослинністю свідчить, що мінімальна величина коефіцієнта озолення (0,90) властива горизонту Н1, з глибиною спостерігається зростання його величини. Мінімальна величина β-активності (2452 Бк/кг) виявлена в поверхневому горизонті Н1, з глибиною спостерігається збільшення її величини, що зумовлено збільшенням вмісту мулистої фракції та фракції фізичної глини з глибиною. Горизонт Н едафотопу під насадженням *R. pseudoacacia* відрізняється мінімальною величиною коефіцієнта озолення (0,91), з глибиною спостерігається зростання його величин. Максимальна величина радіоактивності виявлена в горизонті Н (2673 Бк/кг), що зумовлено його максимальним збагаченням органічними речовинами, які активно адсорбують радіонукліди. В едафотопі під насадженням *Q. robur* мінімальні величини коефіцієнта озолення виявлено в горизонтах Н1 та Н2 (0,90). Верхній горизонт Н1 відрізняється мінімальною величиною радіоактивності, а її максимальна величина характерна для горизонту Рk (2696 Бк/кг).

В умовах Комісарівського лісового масиву вплив лісових насаджень з *R. pseudoacacia* та *Q. robur* сприяв зниженню величин коефіцієнта озолення верхніх горизонтів едафотопів, а також зменшенню величин природної радіоактивності порівняно з едафотопом під степовою рослинністю, що може бути зумовлено вимиванням мулистої фракції в едафотопах під впливом лісових насаджень.

Оцінка впливу факторів на фізичні властивості едафотопів лісових культурбіогеоценозів. В результаті багатофакторного аналізу встановлено, що на фізичні властивості едафотопів в умовах Присамар'я Дніпровського найбільше впливають 2 фактори: фактор 1 (вміст органічних речовин) зумовлює 48,5 %, фактор 2 (вміст фізичної глини) – 18,2 % загальної дисперсії фізичних властивостей.

Відповідно до результатів багатофакторного аналізу встановлено, що вміст органічних речовин зворотно впливає на величини властивостей групи 1 (значення фактора 1 від -0,71 до -0,91). Вміст органічних речовин прямо впливає на величини властивостей групи 2 (значення фактора 1 від 0,73 до 0,91). Вміст фізичної глини зворотно впливає (значення фактора 2 від -0,81 до -0,91) на величини водопроникності, температуропровідності та теплопровідності едафотопу під степовою рослинністю, питомої електропровідності едафотопу під насадженням *Q. robur*. Вміст фізичної глини прямо впливає (значення фактора 2 0,79) на величину максимальної гігроскопічної вологи едафотопу під степовою рослинністю.

Багатофакторний аналіз виявив, що на фізичні властивості едафотопів в умовах Комісарівського лісового масиву найбільше впливають 2 фактори:

фактор 1 (вміст органічних речовин) зумовлює 52,0 %, фактор 2 (вміст фізичної глини) – 14,7 % загальної дисперсії фізичних властивостей.

ВПЛИВ ШТУЧНОЇ ЛІСОВОЇ РОСЛИННОСТІ НА ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЕДАФОТОПІВ (СЕРЕДНЬОСТЕПОВА ПІДЗОНА)

Еколого-лісотипологічна характеристика лісових культурбіогеоценозів та макроморфологічна характеристика едафотопів. Дослідження впливу штучної лісової рослинності на фізичні властивості едафотопів в умовах середньостепової підзони (кострицево-ковилових степів) виконували з використанням зразків, відібраних з едафотопів під степовою рослинністю (контроль), едафотопів під насадженням *Robinia pseudoacacia* L. та під насадженням *Quercus robur* L. поблизу м. Зеленодольська (Криворізький район, Дніпропетровська область) (пробні площі 1-ЧП, 2-ЧП та 3-ЧП).

Властивості твердої фази едафотопів лісових культурбіогеоценозів. Аналіз особливостей гранулометричного складу виявив, що всі досліджувані едафотопи характеризуються середньосуглинковим гранулометричним складом.

Зростання насаджень *R. pseudoacacia* та *Q. robur* на едафотопах зумовило збільшення у верхніх горизонтах умісту агрономічно цінних фракцій при сухому та мокрому просіюванні, а також збільшення величини критерію водоміцності порівняно з верхніми горизонтами едафотопу під степовою рослинністю. Це можна пояснити зростанням умісту мулистої фракції у верхніх горизонтах едафотопів під лісовими насадженнями порівняно з верхніми горизонтами едафотопу під степовою рослинністю.

Вплив лісових насаджень з *R. pseudoacacia* та *Q. robur* на едафотопи зумовив зменшення величин їх щільності та щільності твердої фази, а також збільшення величин загальної пористості.

Гідрофізичні властивості едафотопів лісових культурбіогеоценозів. Зростання насаджень *R. pseudoacacia* та *Q. robur* не призвело до суттєвих змін величин гідрофізичних властивостей едафотопів, однак зумовило збільшення величин водопроникності едафотопів (рис. 3).

Отримані результати додатково підтверджують загальне покращення фізичних властивостей (щільності, пористості, структурно-агрегатного складу, вмісту вологи) едафотопів під впливом лісових насаджень.

Теплофізичні властивості едафотопів лісових культурбіогеоценозів. Аналіз результатів вимірювання температури повітря та едафотопів виявив, що найбільш виражений вплив на ці показники здійснює лісове насадження *Q. robur*. Вплив лісового насадження з *R. pseudoacacia* на едафотоп сприяв зростанню величин його теплофізичних властивостей верхніх горизонтів порівняно з едафотопом під степовою рослинністю. Вплив лісового насадження з *Q. robur* зумовив зростання величин температуропровідності, зменшення величин теплоємності та не вплинув на величини теплопровідності едафотопу.

Електрофізичні властивості едафотопів лісових культурбіогеоценозів. Зростання лісового насадження з *R. pseudoacacia* зумовило збільшення питомого електричного опору і не вплинуло на електрофізичні показники водної витяжки едафотопу порівняно з едафотопом під степовою рослинністю. Зростання

лісового насадження з *Q. robur* зумовило збільшення величин питомого електричного опору всіх горизонтів та збільшення величин електрофізичних показників водної витяжки верхнього горизонту едафотопу.

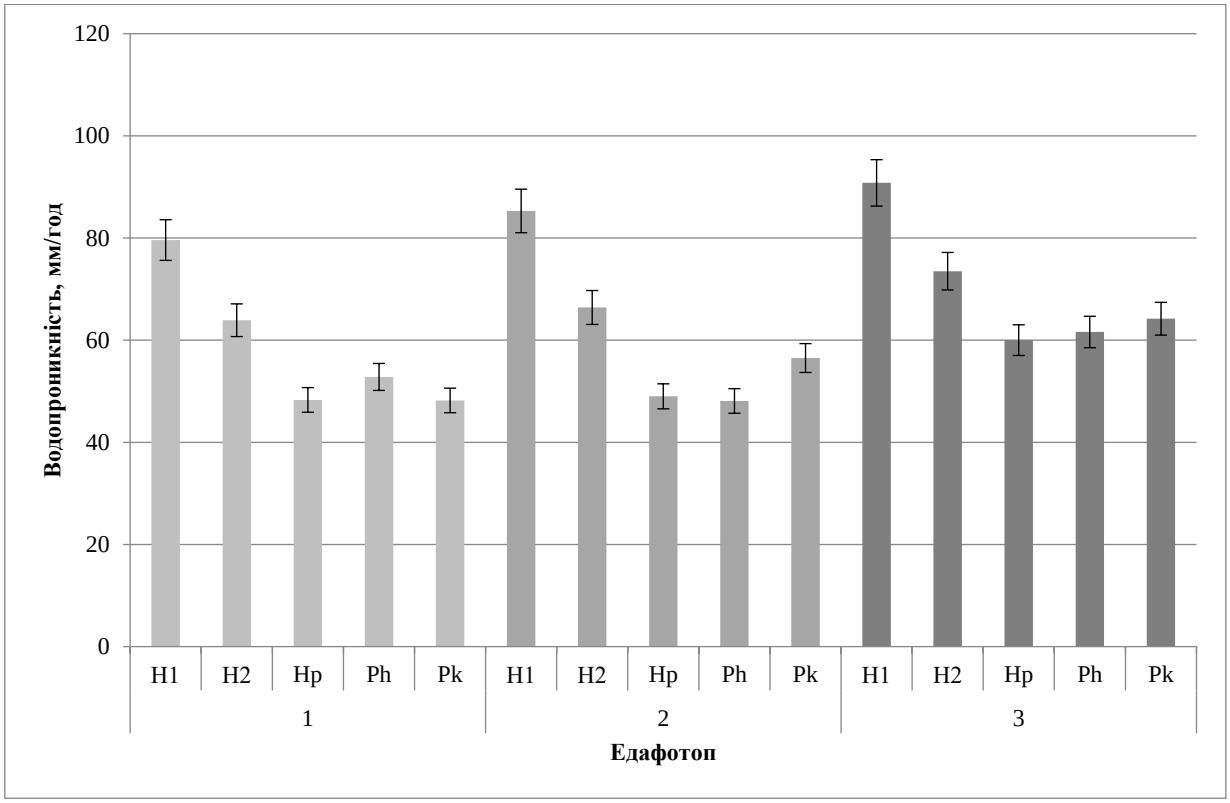


Рис. 3. Водопроникність едафотопів: 1 – едафотоп під степовою рослинністю ПП 1-ЧП;
2 – едафотоп під насадженням *R. pseudoacacia* ПП 2-ЧП;
3 – едафотоп під насадженням *Q. robur* ПП 3-ЧП

У результаті дослідження діелектричної проникності едафотопу під степовою рослинністю встановлено, що горизонт H1 відрізняється її мінімальною величиною (74,81), з глибиною спостерігається зростання її величин. Максимальну величину діелектричної проникності виявлено в горизонті Hp (125,47). В едафотопі під насадженням *R. pseudoacacia* мінімальна величина діелектричної проникності характерна для горизонту H1 (36,88). Максимальну величину виявлено в горизонті Pk (124,63). Мінімальну величину діелектричної проникності в едафотопі під насадженням *Q. robur* виявлено у верхньому горизонті H1 (11,31).

Кольорові показники та β-активність едафотопів лісових культурбіогеоценозів. Зростання лісових насаджень з *R. pseudoacacia* та *Q. robur* зумовило потемніння у повітряно-сухому стані верхніх горизонтів едафотопів порівняно з едафотопом під степовою рослинністю. Вплив лісових насаджень з *R. pseudoacacia* та *Q. robur* на едафотопи сприяв зменшенню величин їх коефіцієнтів озолення, що може свідчити про збагачення органічними речовинами, а також зменшенню величин β-активності золи порівняно з едафотопом під степовою рослинністю.

Оцінка впливу факторів на фізичні властивості едафотопів лісових культурбіогеоценозів. В результаті виконання багатофакторного аналізу встановлено, що на фізичні властивості едафотопів найбільше впливають 2 фактори: фактор 1 (вміст органічних речовин) зумовлює 48,4 %, фактор 2 (вміст фізичної глини) – 20,3 % загальної дисперсії фізичних властивостей.

ВПЛИВ ПРИРОДНОЇ ЛІСОВОЇ РОСЛИННОСТІ НА ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЕДАФОТОПІВ (БАЙРАЧНІ ЛІСОВІ БІОГЕОЦЕНОЗИ ПІВНІЧНОГО ВАРІАНТА)

Еколого-лісотипологічна характеристика лісових біогеоценозів та макроморфологічна характеристика едафотопів. Дослідження трансформації фізичних властивостей едафотопів байрачних біогеоценозів північного варіанта під впливом природної лісової рослинності виконували з використанням зразків, відібраних з катени у складі 5 пробних площ із закладеними ґрунтовими профілями у байраку Глибокому, розташованому поблизу с. Андріївки (Самарівський район, Дніпропетровська область).

Властивості твердої фази едафотопів лісових біогеоценозів. Едафотопи байраку Глибокого за гранулометричним складом належать до важких та середніх суглинків. В едафотопах під лісовою рослинністю північної та південної експозицій, а також тальвегу байраку яскраво відображаються процеси лесиважу, результатом чого є поділ профілів зазначених едафотопів на чітко виражені елювіальний та ілювіальний шари. Максимальний уміст агрономічно цінних фракцій при сухому просіюванні серед верхніх горизонтів властивий горизонту H1el едафотопу під лісовою рослинністю південної експозиції. Максимальна величина вмісту агрономічно цінних фракцій при мокрому просіюванні серед верхніх горизонтів виявлена в горизонті H1el едафотопу під лісовою рослинністю тальвегу. Усі верхні горизонти едафотопів байраку характеризуються мінімальними величинами щільності та щільності твердої фази, з глибиною спостерігається збільшення їх величин. Також верхні горизонти відрізняються максимальними величинами загальної пористості.

Вплив природної лісової рослинності на едафотопи в умовах північної та південної експозицій, а також тальвегу байраку зумовив прояв процесу лесиважу, збільшення вмісту агрономічно цінних фракцій при сухому та мокрому просіюванні, збільшення величин загальної пористості верхніх горизонтів порівняно з едафотопами під степовою рослинністю.

Гідрофізичні властивості едафотопів лісових біогеоценозів. В результаті досліджень установлено, що серед верхніх горизонтів едафотопів максимальні величини максимальної гігроскопічної вологи, вологи в'янення та вологи розриву капілярів властиві горизонту H1el едафотопу під лісовою рослинністю південної експозиції (13,7, 20,6 та 42,3 % відповідно), польової вологоємності та діапазону активної вологи – горизонту H1el едафотопу під лісовою рослинністю північної експозиції (64,5 та 45,0 % відповідно), відносної доступності вологи – горизонту Hdk едафотопу під степовою рослинністю південної експозиції (72,5 %).

Максимальними величинами водопроникності верхніх горизонтів відрізняються едафотопи під лісовою рослинністю південної та північної експозицій (155,0 та 128,4 мм/год відповідно), мінімальними – едафотоп під степовою рослинністю південної експозиції (90,3 мм/год). Збільшені величини водопроникності верхніх горизонтів та зменшені величини нижніх горизонтів зумовлюють формування сприятливих умов для запасання продуктивної вологи у товщі едафотопів та майже повністю виключають поверхневий стік.

Вплив природної лісової рослинності на едафотопи зумовив збільшення величин максимальної гігроскопічної вологості, вологості в'янення, польової вологоємності, діапазону активної вологи, вологості розриву капілярного зв'язку та водопроникності порівняно з едафотопами під степовою рослинністю.

Теплофізичні властивості едафотопів лісових біогеоценозів. Аналіз результатів вимірювання температури повітря та едафотопів виявив, що найбільш виражений вплив на ці показники здійснює природна лісова рослинність в умовах північної та південної експозицій, а також в умовах тальвегу байраку. Зменшеними величинами теплофізичних властивостей відрізняється едафотоп під лісовою рослинністю північної експозиції. Едафотоп під степовою рослинністю південної експозиції відрізняється збільшеними величинами температуропровідності та теплопровідності. Едафотопу під лісовою рослинністю південної експозиції байраку властиві збільшені величини теплоємності.

Зростання природної лісової рослинності на едафотопах призвело до зменшення величин їх температуропровідності та теплопровідності порівняно з едафотопами під степовою рослинністю.

Електрофізичні властивості едафотопів лісових біогеоценозів. Найбільші величини питомого електричного опору властиві едафотопу під степовою рослинністю південної експозиції. Найменші величини питомого електричного опору характерні едафотопам під лісовою рослинністю північної та південної експозицій, що може свідчити про зменшений уміст водорозчинних солей за рахунок їх вимивання за межі профілю внаслідок збільшених величин водопроникності цих едафотопів. Елювіальні горизонти едафотопу під лісовою рослинністю північної експозиції (H1el, H2el, H3el та H4el) та едафотопу під лісовою рослинністю тальвегу (H1el, H2el та H3el), а також горизонти H1el та H2el едафотопу під лісовою рослинністю південної експозиції відрізняються збільшеними величинами електрофізичних показників водної витяжки ґрунтів, а ілювіальні горизонти едафотопу під лісовою рослинністю північної експозиції (Hpil, Phil та Pilk) та едафотопу під лісовою рослинністю тальвегу (Hil, Hpil та Phil), а також горизонти H3el та Hil едафотопу під лісовою рослинністю південної експозиції характеризуються мінімальними величинами досліджуваних показників. Це свідчить про можливість використання електрофізичних показників водної витяжки едафотопів для діагностування елювіально-ілювіальних процесів в едафотопах байрачних біогеоценозів степу. Найменші величини діелектричної проникності властиві верхнім горизонтам едафотопів під лісовою рослинністю північної та південної експозицій байраку (7,01 та 6,80 відповідно).

Вплив природної лісової рослинності на едафотопи зумовив зменшення їх величин питомого електричного опору та діелектричної проникності.

Кольорові показники, відбивна здатність та β-активність едафотопів лісових біогеоценозів. Серед верхніх горизонтів едафотопів найбільш темними є горизонти H1el едафотопів під лісовою рослинністю північної експозиції та тальвегу, а найбільш світлий – горизонт Hdk едафотопу під степовою рослинністю південної експозиції. Мінімальні величини коефіцієнтів яскравості серед верхніх горизонтів едафотопів байраку властиві горизонту H1el едафотопу під лісовою рослинністю північної експозиції, а максимальні – горизонту Hdk едафотопу під степовою рослинністю південної експозиції (табл. 2).

Таблиця 2

Відбивна здатність едафотопів байраку Глибокого

Генетичний горизонт	Глибина, см	Коефіцієнт яскравості при λ=480 нм	Коефіцієнт яскравості при λ=650 нм	Коефіцієнт яскравості при λ=750 нм	Інтегральний коефіцієнт яскравості
Едафотоп під степовою рослинністю північної експозиції (ПП 1-БГ)					
Hdk	0–8	8,94	11,23	15,43	10,01
Hk	8–23	8,61	10,90	15,56	10,31
Hpk	23–51	9,26	12,93	17,51	11,79
Phk	51–80	19,93	31,61	37,97	27,12
Pk	80–120	23,36	35,81	41,87	31,01
Едафотоп під лісовою рослинністю північної експозиції (ПП 2-БГ)					
H1el	0–12	6,18	8,31	11,63	7,98
H2el	12–33	6,28	9,68	13,07	8,29
H3el	33–67	6,73	10,68	14,85	9,50
H4el	67–96	6,88	12,06	16,67	10,22
Hpil	96–140	8,08	11,95	16,29	10,52
Phil	140–166	7,52	13,33	19,04	11,77
Pilk	166–230	10,19	19,86	24,46	16,22
Едафотоп під лісовою рослинністю тальвегу (ПП 3-БГ)					
H1el	0–8	7,07	9,03	12,94	8,34
H2el	8–34	7,89	8,51	12,78	8,61
H3el	34–60	7,88	9,48	13,41	8,88
Hil	60–118	8,35	10,23	14,59	9,33
Hpil	118–132	8,58	9,56	15,08	9,31
Phil	132–166	8,44	10,84	15,29	9,84
Едафотоп під лісовою рослинністю південної експозиції (ПП 4-БГ)					
H1el	0–9	9,01	9,40	13,25	9,35
H2el	9–46	6,58	8,20	12,87	7,85
H3el	46–88	7,37	8,36	12,50	7,97
Hil	88–138	6,11	8,83	12,02	8,06
Hpil	138–160	6,55	9,03	12,53	8,32
Philk	160–187	7,16	9,28	13,41	8,67
Pilk	187–230	8,51	12,87	18,88	11,36
Едафотоп під степовою рослинністю південної експозиції (ПП 5-БГ)					
Hdk	0–6	10,52	12,24	17,42	11,51
Hpk	6–27	10,34	12,45	19,09	12,10
Phk	27–40	14,16	18,51	25,93	17,46
Pk	40–120	19,83	31,82	36,21	27,06

Мінімальні величини коефіцієнта озолення та β-активності серед верхніх горизонтів притаманні горизонту H1el едафотопу під лісовою рослинністю південної експозиції (0,80 та 2310 Бк/кг), максимальні – горизонту H1el едафотопу під лісовою рослинністю тальвегу (0,86 та 2659 Бк/кг).

Зростання природної лісової рослинності на едафотопах сприяло потемнінню їх верхніх горизонтів та зменшенню їх величин β-активності порівняно з едафотопами під степовою рослинністю.

Оцінка впливу факторів на фізичні властивості едафотопів лісових біогеоценозів. В результаті виконання багатофакторного аналізу встановлено, що на фізичні властивості едафотопів байраку Глибокого найбільше впливають 2 фактори: фактор 1 (вміст фізичної глини) зумовлює 60,0 %, фактор 2 (вміст органічних речовин) – 15,5 % загальної дисперсії фізичних властивостей.

ВПЛИВ ПРИРОДНОЇ ЛІСОВОЇ РОСЛИННОСТІ НА ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЕДАФОТОПІВ (БАЙРАЧНІ ЛІСОВІ БІОГЕОЦЕНОЗИ ПІВДЕННОГО ВАРІАНТА)

Еколого-лісотипологічна характеристика лісових біогеоценозів та макроморфологічна характеристика едафотопів. Дослідження змін фізичних властивостей едафотопів байрачних біогеоценозів південного варіанта під впливом природної лісової рослинності виконували з використанням зразків, відібраних з катени у складі 5 пробних площ із закладеними ґрунтовими профілями у байраку Військовому, який розташований поблизу с. Військове (Дніпровський район, Дніпропетровська область).

Властивості твердої фази едафотопів лісових біогеоценозів. Едафотопи байраку Військового характеризуються середньо- та легкосуглинковим гранулометричним складом. Вплив природної лісової рослинності на едафотопи в умовах північної експозиції зумовив розвиток процесу лесиважу, який не виявлено в інших досліджуваних едафотопах байраку.

Зростання природної лісової рослинності на едафотопах зумовило покращення їх структурно-агрегатного складу, зокрема збільшення вмісту агрономічно цінних фракцій при сухому та мокрому просіюванні. Максимальний уміст агрономічно цінних фракцій при сухому просіюванні серед верхніх горизонтів властивий горизонтам H1el едафотопів під лісовою рослинністю північної та південної експозицій, які характеризуються максимальними величинами коефіцієнта структурності (11,6 та 10,2 відповідно). Максимальні величини вмісту агрономічно цінних фракцій при мокрому просіюванні серед верхніх горизонтів характерні для горизонтів H1el едафотопів під лісовою рослинністю північної експозиції та тальвегу байраку.

Вплив природної лісової рослинності на едафотопи зумовив зменшення їх величин щільності та зростання їх величин загальної пористості.

Гідрофізичні властивості едафотопів лісових біогеоценозів. Серед верхніх горизонтів збільшеними величинами максимальної гігроскопічної вологи та вологи в'янення відрізняються горизонти H1el едафотопу під лісовою рослинністю південної експозиції (6,5 та 9,8 % відповідно) та H1 едафотопу під

степовою рослинністю південної експозиції (5,9 та 8,9 % відповідно). Максимальні величини польової вологоємності, діапазону активної вологи та вологи розриву капілярів виявлено в горизонті H1el едафотопу під лісовою рослинністю північної експозиції (51,4, 42,6 та 30,1 % відповідно). Максимальною водопроникністю відрізняється горизонт H1el едафотопу під лісовою рослинністю південної експозиції (113,8 мм/год), а мінімальною – горизонт H1 едафотопу під степовою рослинністю північної експозиції (88,1 мм/год). Зростання природної лісової рослинності на едафотопах зумовило збільшення їх величин максимальної гігроскопічної вологості, вологості в'янення, польової вологоємності, діапазону активної вологи, водопроникності порівняно з едафотопами під степовою рослинністю.

Теплофізичні властивості едафотопів лісових біогеоценозів. Найбільш виражений вплив на зміни температур повітря та едафотопів здійснює природна лісова рослинність в умовах північної та південної експозицій, а також в умовах тальвегу байраку. Максимальні величини температуропровідності та теплопровідності серед верхніх горизонтів властиві горизонту H1 едафотопу під степовою рослинністю південної експозиції ($7{,}257 \cdot 10^{-7}$ м^2/с та 0,856 Дж/(м·с·К) відповідно). Максимальна величина теплоємності характерна для горизонту H1el едафотопу під лісовою рослинністю північної експозиції (1,230 МДж/(м^3·К)). Вплив природної лісової рослинності на едафотопи зумовив зменшення їх величин температуропровідності та збільшення величин теплоємності порівняно з едафотопами під степовою рослинністю.

Електрофізичні властивості едафотопів лісових біогеоценозів. Максимальна величина питомого електричного опору серед верхніх горизонтів едафотопів байраку характерна для горизонту H1 едафотопу під степовою рослинністю північної експозиції, мінімальна величина властива горизонту H1el едафотопу під лісовою рослинністю тальвегу. Максимальну величину питомої електропровідності виявлено в горизонті H1el едафотопу під лісовою рослинністю північної експозиції, максимальні величини мінералізації та солоності – в горизонті H1el едафотопу під лісовою рослинністю тальвегу.

Серед верхніх горизонтів найменші величини діелектричної проникності властиві горизонтам H1el едафотопів під лісовою рослинністю північної та південної експозицій (9,59 та 12,01 відповідно).

Зростання природної лісової рослинності на едафотопах сприяло зменшенню їх величин питомого електричного опору, мінералізації, солоності та діелектричної проникності, збільшенню величин питомої електропровідності порівняно з едафотопами під степовою рослинністю.

Кольорові показники та β-активність едафотопів лісових біогеоценозів. Вплив природної лісової рослинності на едафотопи зумовив потемніння їх верхніх горизонтів у повітряно-сухому та вологому станах порівняно з едафотопами під степовою рослинністю.

В умовах північної експозиції зростання лісової рослинності зумовило зменшення величин β-активності едафотопів, а в умовах тальвегу та південної експозиції – збільшення їх величин β-активності порівняно з едафотопами під степовою рослинністю. Максимальна величина β-активності серед верхніх

горизонтів властива горизонту H1el едафотопу під лісовою рослинністю тальвегу (3787 Бк/кг), мінімальна – горизонту H1 едафотопу під степовою рослинністю південної експозиції (3061 Бк/кг).

Оцінка впливу факторів на фізичні властивості едафотопів лісових біогеоценозів. В результаті виконання багатофакторного аналізу встановлено, що на фізичні властивості едафотопів байраку Військового найбільше впливають 2 фактори: фактор 1 (вміст фізичної глини) зумовлює 58,2 %, фактор 2 (вміст органічних речовин) – 14,6 % загальної дисперсії фізичних властивостей (рис. 4).

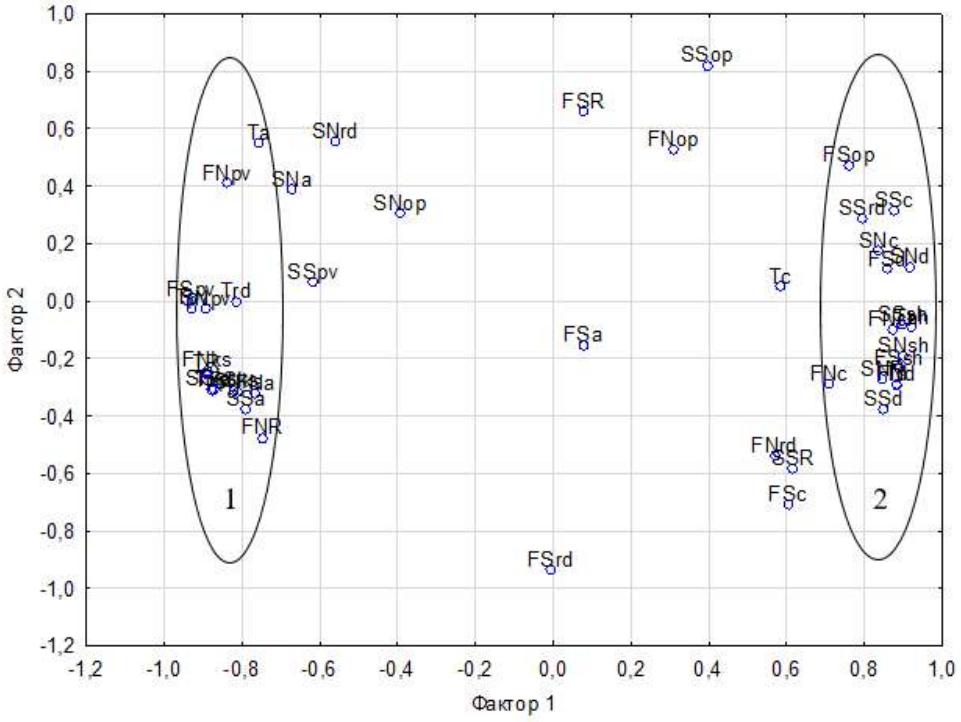


Рис. 4. Результати багатофакторного аналізу впливу на фізичні властивості едафотопів байраку Військового: SN – едафотоп під степовою рослинністю ПП 1-БВ, FN – едафотоп під лісовою рослинністю ПП 2-БВ, T – едафотоп під лісовою рослинністю ПП 3-БВ, FS – едафотоп під лісовою рослинністю ПП 4-БВ, SS – едафотоп під степовою рослинністю ПП 5-БВ; sk – коефіцієнт структурності, sh – щільність, pv – польова вологоємність, a – температуропровідність, c – теплоємність, op – питомий електричний опір, d – діелектрична проникність, rd – β-активність, R – кольоровий показник R

Відповідно до результатів багатофакторного аналізу встановлено, що вміст фізичної глини зворотно впливає на величини властивостей групи 1 (значення фактора 1 від -0,75 до -0,93), до якої входять коефіцієнти структурності (SNsk, FNsk, Tsk, FSsk, SSsk), польова вологоємність едафотопу під степовою рослинністю ПП 1-БВ, едафотопів під лісовою рослинністю ПП 2-БВ, 3-БВ та 4-БВ (SNpv, FNpv, Tpv, FSpv), температуропровідність едафотопів під лісовою рослинністю ПП 2-БВ та 3-БВ, едафотопу під степовою рослинністю ПП 5-БВ (FNa, Ta, SSa), питомий електричний опір едафотопу під лісовою рослинністю ПП 3-БВ (Top), радіоактивність едафотопу під лісовою

рослинністю ПП 3-БВ (Trd), кольорові показники R едафотопів під лісовою рослинністю ПП 2-БВ та 3-БВ (FNR, TR). Вміст фізичної глини прямо впливає на величини властивостей групи 2 (значення фактора 1 від 0,71 до 0,92), до якої входять щільність (SNsh, FNsh, Tsh, FSsh, SSsh), теплоємність едафотопів під степовою рослинністю ПП 1-БВ та 5-БВ, едафотопу під лісовою рослинністю ПП 2-БВ (SNc, SSc, FNc), питомий електричний опір едафотопу під лісовою рослинністю ПП 4-БВ, діелектрична проникність (SNd, FNd, Td, FSd, SSd), радіоактивність едафотопу під степовою рослинністю ПП 5-БВ (SSrd), кольоровий показник R едафотопу під степовою рослинністю ПП 1-БВ (SNR). Вміст органічних речовин зворотно впливає (значення фактора 2 від -0,71 до -0,94) на величини теплоємності та радіоактивності едафотопу під лісовою рослинністю ПП 4-БВ (FSc, FSrd). Вміст органічних речовин прямо впливає (значення фактора 2 0,82) на величину питомого електричного опору едафотопу під степовою рослинністю ПП 5-БВ (SSop).

ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕДАФОТОПІВ ЛІСОВИХ БІОГЕОЦЕНОЗІВ СТЕПОВОЇ ЗОНИ

Порівняльний аналіз фізичних властивостей досліджуваних едафотопів установив, що едафотопи під штучною лісовою рослинністю характеризуються більшим умістом фракції розміром <0,01 мм, менш виразною структурністю та водостійкістю агрегатів, меншими величинами водопроникності та β-активності, більшими величинами питомого електричного опору та діелектричної проникності порівняно з едафотопами під природною лісовою рослинністю байраків в умовах степу.

Вплив лісової рослинності на едафотопи елювіальної (під степовою рослинністю та лісовими насадженнями в умовах північностепової та середньостепової підзон) та транзитної групи (під природною лісовою рослинністю), який проявляється в зміні моноценотичного типу еволюції на амфіценотичний (складнонакладений) та формуванні едафотопів гетерогенного характеру (Зонн и др., 2001; Белова и др., 2010), зумовлює різноспрямовані зміни їх фізичних властивостей. При цьому едафотопи природних лісів характеризуються більш сприятливими фізичними властивостями порівняно з едафотопами лісових насаджень.

ВИКОРИСТАННЯ ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕДАФОТОПІВ ЛІСОВИХ БІОГЕОЦЕНОЗІВ СТЕПУ ЯК ПРЕДИКТОРІВ У ПЕДОТРАНСФЕРНОМУ МОДЕЛЮВАННІ

Сучасний етап розвитку ґрунтознавства характеризується підвищеною актуальністю пошуку об’єктивно існуючих взаємозв’язків між різноманітними властивостями ґрунтів. Як зазначає В. В. Медведєв (2015), найбільш доречне вирішення цього питання повинно базуватися на визначенні педотрансферних функцій.

Останнім часом з’являється багато наукових праць, в яких підкреслюється можливість використання кольорових показників ґрунтів для визначення вмісту

органічного вуглецю (ОВ) в них (Morellos et al., 2016; Vitvitskyi et al., 2022). Для визначення наявних зв'язків між умістом ОВ, кольоровими показниками та відбивною здатністю едафотопів в умовах північностепової підзони (ПП 1-ПД, 2-ПД та 3-ПД) та едафотопів під степовою рослинністю північної та південної експозицій байраку Глибокого (ПП 1-БГ та 5-БГ) нами було розраховано коефіцієнти кореляції.

Аналіз даних показав наявність тісних зворотних зв'язків між умістом ОВ та кольоровими показниками H, S та B (система HSB), R, G та B (система RGB), C та Y (система CMYK), коефіцієнтами яскравості при довжинах хвиль 480, 650 та 750 нм, інтегральним коефіцієнтом яскравості. Встановлено прямий тісний зв'язок між умістом ОВ та кольоровими показниками L та b (система Lab), K (система CMYK). Можна припустити, що практично всі кольорові показники та коефіцієнти яскравості можуть бути використані для моделювання вмісту ОВ в едафотопах.

Результати моделювання на основі регресійного аналізу наведено в табл. 3. З урахуванням інформації про параметри моделей (R^2, RMSE, RPD), які охарактеризовані в роботах Wu et al. (2017) та Fu et al. (2020), можна зробити висновок, що успішними є моделі з такими параметрами: $R^2 > 0,75$; RMSE < 0,50; RPD > 2,00. У нашому випадку моделі визначення вмісту ОВ в едафотопах є статистично достовірними на основі використання кольорових показників B (система HSB), R, G та B (система RGB), C, M та K (система CMYK), L та b (система Lab), коефіцієнтів яскравості з довжинами хвиль 650 та 750 нм, інтегрального коефіцієнта яскравості.

Таблиця 3

Моделювання вмісту ОВ (%) в едафотопах на основі величин кольорових показників та коефіцієнтів яскравості (y – вміст ОВ, x – кольоровий показник, або коефіцієнт яскравості)

Показник (x)	Рівняння	R^2	RMSE	RPD
H	$y = -1,7918 + 0,3707*x-0,0089*x^2$	0,64	0,48	1,69
S	$y = 4,838 - 0,1433*x$	0,64	0,48	1,72
B	$y = 4,052 - 0,0616*x$	0,82	0,34	2,40
R	$y = 4,0444 - 0,0241*x$	0,81	0,35	2,34
G	$y = 4,0984 - 0,0281*x$	0,81	0,35	2,33
B	$y = 4,7328 - 0,0407*x$	0,78	0,38	2,18
L	$y = 4,1502 - 0,0653*x$	0,81	0,35	2,37
a	$y = 3,1119 - 0,2978*x$	0,34	0,65	1,26
b	$y = 2,9586 - 0,133*x$	0,80	0,36	2,27
C	$y = -3,6248 + 0,1197*x$	0,77	0,39	2,13
M	$y = -4,6284 + 0,1189*x$	0,78	0,38	2,16
Y	$y = -4,9731 + 0,0933*x$	0,12	0,75	1,09
K	$y = 0,0188 + 0,0535*x$	0,82	0,34	2,40
ρ480	$y = 2,5597 - 0,1141*x$	0,62	0,50	1,65
ρ650	$y = 5,0716 - 3,2255*\log10(x)$	0,81	0,35	2,33
ρ750	$y = 4,0819 - 0,1826*x + 0,0021*x^2$	0,83	0,33	2,48
ρΣ	$y = 3,7807 - 0,2471*x + 0,0043*x^2$	0,81	0,35	2,33

Додатково розраховано коефіцієнти варіації значень умісту ОВ в едафотопах, їх кольорових показників та коефіцієнтів яскравості. Найбільший коефіцієнт варіації характерний для величин умісту ОВ (CV = 0,72). Дещо менший коефіцієнт варіації виявлено для величин кольорового показника K (система CMYK) та коефіцієнта яскравості при довжині хвилі 650 нм. З цієї причини саме величини цих показників найкраще використовувати для прогнозування вмісту ОВ в едафотопах.

Встановлено існування тісних зворотних зв'язків між умістом ОВ в едафотопах під степовою рослинністю та щільністю, щільністю твердої фази, а також наявність тісних прямих зв'язків між ОВ та вмістом агрономічно цінних фракцій при мокрому просіюванні, польової вологоємності, вологи розриву капілярів. Отримані результати дають підставу припустити, що зазначені фізичні властивості можуть бути використані для моделювання вмісту ОВ в едафотопах під степовою рослинністю. Однак, виходячи з того, що успішними є виключно моделі з параметром $R^2 > 0,75$, лише величина щільності твердої фази потенційно може бути використана для моделювання вмісту ОВ в едафотопах під степовою рослинністю.

Подальший аналіз виявив, що цій моделі властиві такі параметри: RMSE = 0,42 та RPD = 2,79. Це свідчить, що використання рівняння y = 32,2816 - 12,1924*x (y – вміст ОВ, %; x – щільність твердої фази, г/см^3) дає найкращу відповідність прогнозу вмісту ОВ в едафотопах під степовою рослинністю (рис. 5).

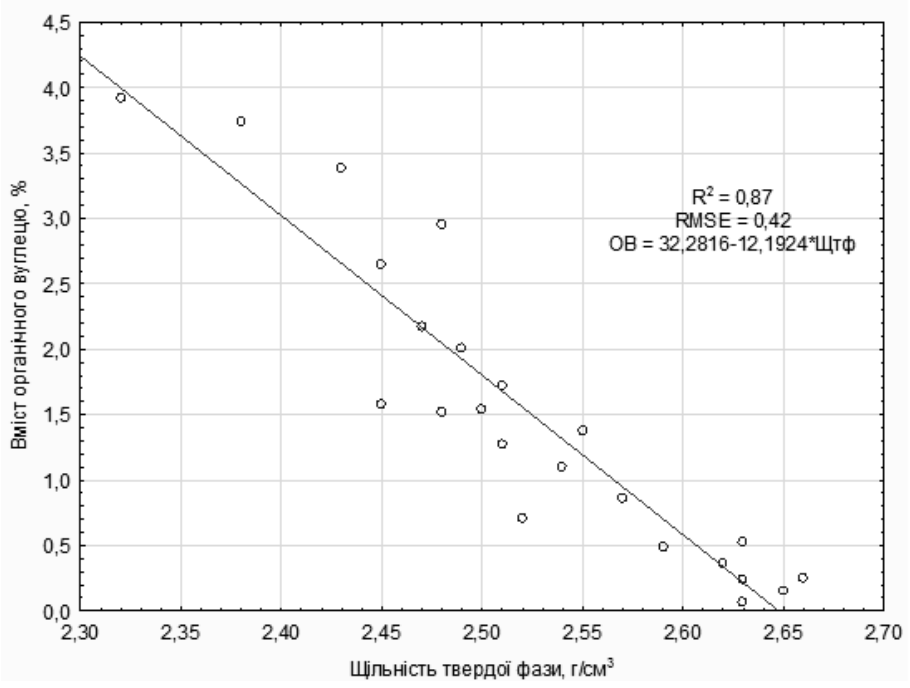


Рис. 5. Діаграма залежності вмісту ОВ в едафотопах під степовою рослинністю від величин щільності твердої фази

Аналіз зв'язків між фізичними властивостями та вмістом гранулометричних фракцій в едафотопах в умовах Присамар'я Дніпровського (ПП 1-ПД, 2-ПД, 3-ПД) виявив наявність прямих та зворотних залежностей, однак отримані величини коефіцієнтів кореляції та R^2 свідчать про неможливість адекватного використання

цих моделей. Використання як вихідних даних фізичних властивостей лише едафотопів під степовою рослинністю (ПП 1-ПД, 1-БГ та 5-БГ) сприяло покращенню якості моделей, однак це не зробило можливим їх використання для адекватного практичного використання. Аналіз зв'язків між фізичними властивостями та вмістом гранулометричних фракцій едафотопів під лісовою рослинністю байраку Глибокого, так само і байраку Військового, свідчить про неможливість створення якісних моделей. Таким чином, вміст гранулометричних фракцій не може бути використаний для достовірного прогнозування фізичних властивостей едафотопів лісових біогеоценозів степу, що можна пояснити їх складнонакладеним процесом генезису.

ДІАГНОСТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕДАФОТОПІВ ЛІСОВИХ БІОГЕОЦЕНОЗІВ СТЕПУ

Фізичні властивості ґрунтів, завдяки наявності зв'язків з іншими ґрунтовими властивостями та важливою роллю у забезпеченні функціонування ґрунтів, успішно можуть використовуватися з діагностичною метою (Медведев, 2015).

Н. А. Качинським (1965, 1970) запропоновано класифікацію ґрунтів за гранулометричним складом за вмістом часток фізичної глини, діапазони величин пористості ґрунтів в орному шарі, шкалу для оцінки водопроникності ґрунтів. Розроблено градації ґрунтів за особливостями їх структурно-агрегатного складу за величинами коефіцієнта структурності, за вмістом агрономічно цінних фракцій при сухому і мокрому просіюванні (Медведєв та ін., 2018).

За результатами досліджень едафотопів нами запропоновано оціночні градації за їх теплофізичними властивостями (табл. 4), кольоровими показниками системи RGB (табл. 5), а також за питомим електричним опором, діелектричною проникністю та β-активністю (табл. 6).

Таблиця 4

Оціночні градації едафотопів за їх теплофізичними властивостями

Температуропровідність, 10^{-7} м^2/с	Теплоємність, МДж/(м^3·К)	Теплопровідність, Дж/(м·с·К)	Градація показника
>7	>1,3	>0,90	Висока
7–6	1,3–1,2	0,90–0,75	Середня
<6	<1,2	<0,75	Низька

Таблиця 5

Оціночні градації едафотопів за їх кольоровими показниками

R	G	B	Градація показника
<99	<88	<84	Насичений
108–99	97–88	96–84	Помірно насичений
>108	>97	>96	Ненасичений

Розроблені та запропоновані нами оціночні градації фізичних властивостей едафотопів було використано для індикації прояву сильватизації лісових біогеоценозів степової зони.

Таблиця 6

Оціночні градації едафотопів за їх електрофізичними властивостями та β-активністю

Питомий електричний опір, Ом·м	Діелектрична проникність	β-активність, Бк/кг
>6 – великий	>85 – висока	>3300 – висока
6–3 – середній	85–40 – середня	3300–2600 – середня
<3 – малий	<40 – низька	<2600 – низька

Результати дослідження фізичних властивостей едафотопів біогеоценозів степу дають змогу виділити 4 градації інтенсивності прояву сильватизації, яка визначається вихідними лісорослинними умовами, світловою структурою (світокліматом), тривалістю середовищеперетворюючого впливу та типом деревостану (Травлеев, 1972): 1) відсутня – характерна для едафотопів під степовою рослинністю; 2) мінімальна – притаманна для едафотопів під лісовим насадженням з *R. pseudoacacia*, яке відрізняється напівосвітленою світловою структурою; 3) середня – властива для едафотопів під лісовим насадженням з *Q. robur*, яке характеризується тіньовою світловою структурою; 4) максимальна – характерна для едафотопів під природною лісовою рослинністю північної та південної експозицій, а також тальвегів байраків. Цілком зрозуміло, що у виділених градаціях прояв сильватизації може відрізнятися в певних межах. Наприклад, інтенсивність прояву сильватизації лісовим насадженням, яке утворене змішаними породами дерев, визначається особливостями його результуючого середовищеперетворюючого впливу. Інтенсивність прояву сильватизації лісовою рослинністю в умовах байраку додатково визначається експозицією схилу, на якому вона зростає, зокрема більш виражена сильватизація властива лісовій рослинності на схилі північної експозиції порівняно з лісовою рослинністю на схилі південної експозиції (Белова, Травлеев, 1999). У табл. 7 наведено залежність змін фізичних властивостей едафотопів біогеоценозів від інтенсивності прояву сильватизації. Як контроль використано фізичні властивості едафотопів під степовою рослинністю, які характеризуються відсутністю сильватизації.

Таблиця 7

Співвідношення величин фізичних властивостей та їх якісної оцінки верхніх горизонтів едафотопів біогеоценозів степової зони з інтенсивністю прояву сильватизації

Фізичні властивості едафотопів	Інтенсивність прояву сильватизації			
	відсутня	мінімальна	середня	максимальна
1	2	3	4	5
Гранулометричний склад (вміст часток фізичної глини, %)	Суглинок важкий, суглинок середній (32–52)	Суглинок середній (40–43)	Суглинок середній (31–45)	Суглинок середній, суглинок легкий (28–46)
Структурність (вміст агрономічно цінних фракцій при сухому просіюванні, %)	Гарна (81–90)	Гарна (80–96)	Гарна (87–94)	Гарна (72–87)

Закінчення табл. 7

1	2	3	4	5
Водостійкість (вміст агрономічно цінних фракцій при мокрому просіюванні, %)	Задовільна, гарна (30–62)	Відмінна, надлишково висока (70–82)	Відмінна, надлишково висока (75–83)	Відмінна, надлишково висока (72–87)
Загальна пористість (%)	Задовільна (54–55)	Відмінна (53–58)	Відмінна (55–60)	Відмінна (56–63)
Водопроникність (мм/год)	Гарна (80–95)	Гарна, найкраща (85–124)	Гарна, найкраща (91–106)	Найкраща (113–155)
Температуропровідність (10^{-7} $м^2/с$)	Низька, середня (5,8–6,6)	Висока (7,0–7,4)	Середня (6,4–6,8)	Низька, середня (5,1–6,2)
Теплоємність (МДж/($м^3$·К))	Середня, висока (1,21–1,42)	Середня, висока (1,27–1,34)	Середня (1,21–1,25)	Низька, середня, висока (1,15–1,34)
Теплопровідність (Дж/(м·с·К))	Низька, середня (0,73–0,85)	Середня, висока (0,85–0,98)	Середня (0,76–0,85)	Низька, середня (0,62–0,77)
Питомий електричний опір (Ом·м)	Малий, середній, великий (1,7–7,6)	Середній, великий (3,2–7,1)	Малий, середній (2,5–5,5)	Малий, середній (1,8–3,2)
Діелектрична проникність	Низька, середня (23–75)	Низька (8–38)	Низька (8–32)	Низька (7–12)
Кольорові показники (зразки в повітряно-сухому стані, система RGB): R	Насичений, помірно насичений (92–104)	Насичений, помірно насичений, ненасичений (85–109)	Насичений (85–92)	Насичений (61–94)
G	Насичений, помірно насичений, ненасичений (79–99)	Насичений, помірно насичений (76–95)	Насичений, помірно насичений (75–89)	Насичений, помірно насичений (72–92)
B	Насичений, помірно насичений (70–95)	Насичений, помірно насичений (67–93)	Насичений (69–84)	Насичений, помірно насичений (63–88)
β-активність (Бк/кг)	Низька, середня (2450–3204)	Низька, середня (2405–2971)	Низька, середня (2464–3045)	Низька, середня, висока (2308–3445)

Посилення сильватизації проявляється у зміні властивостей верхнього горизонту едафотопу під впливом штучної або природної лісової рослинності порівняно з едафотопами під степовою рослинністю, а саме у полегшенні

гранулометричного складу (Травлеев, 1972), збільшенні вмісту агрономічно цінних фракцій при сухому та мокрому просіюванні, збільшенні величин загальної пористості та водопроникності, зменшенні величин температуропровідності, теплоємності та теплопровідності, зменшенні величин питомого електричного опору та діелектричної проникності, зменшенні величин кольорових показників системи RGB та збільшенні величин природної радіоактивності.

Величини фізичних властивостей при відсутній сильватизації є базовими (або мінімально оптимальними) для степових едафотопів, і якщо при дослідженнях виявляються едафотопи, які характеризуються гіршими фізичними властивостями, це може свідчити про їх деградацію.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведено теоретичне узагальнення та шляхи вирішення наукової проблеми, пов'язаної з визначенням екологічного, прогностичного та діагностичного значення комплексу фізичних властивостей едафотопів лісових біогеоценозів степового Придніпров'я. Це підтверджують такі висновки:

1. Вплив штучної лісової рослинності на едафотопи в умовах північностепової підзони зумовив зміни їх гранулометричного складу (збільшення вмісту фракцій розміром <0,01 та 0,005–0,001 мм), гідрофізичних (зменшення величин максимальної гігроскопічної вологості, збільшення величин діапазону активної вологи, відносної доступності вологи та водопроникності), теплофізичних (збільшення величин температуропровідності, теплоємності та теплопровідності) та електрофізичних властивостей (збільшення величин питомого електричного опору, зменшення величин питомої електропровідності, солоності, мінералізації та діелектричної проникності), відбивної здатності (зменшення величин коефіцієнта яскравості при $\lambda = 480$ нм).

2. Зростання штучної лісової рослинності на едафотопах в умовах середньостепової підзони зумовило зміни їх гранулометричного складу (зменшення вмісту фракції розміром 0,05–0,001 мм та збільшення вмісту фракції розміром <0,001 мм), структурно-агрегатного складу (збільшення вмісту агрономічно цінних фракцій при мокрому просіюванні на понад 30 % у верхніх горизонтах), гідрофізичних (зменшення величин польової вологоємності, діапазону активної вологи, вологості розриву капілярного зв'язку, відносної доступності вологи), теплофізичних (збільшення величин температуропровідності, теплоємності та теплопровідності верхніх горизонтів), електрофізичних властивостей (збільшення величин питомого електричного опору та зменшення величин діелектричної проникності в 2 і більше разів у верхніх горизонтах), кольорових показників (зменшення величин кольорового показника S системи HSB та збільшення величин кольорових показників C та Y системи CMYK у верхніх горизонтах).

3. Вплив природної лісової рослинності на едафотопи в умовах північної та південної експозицій, а також тальвегу байраку Глибокого (північний варіант) зумовив зміни їх гранулометричного складу (внаслідок лесиважу відбувається вимивання фракції розміром <0,001 мм з верхніх горизонтів у нижні), структурно-

агрегатного складу (збільшення вмісту агрономічно цінних фракцій при сухому просіюванні), гідрофізичних (збільшення величин максимальної гігроскопічної вологості, польової вологоємності на понад 10 % у верхніх горизонтах, діапазону активної вологи, вологості розриву капілярного зв'язку, водопроникності на понад 28 мм/год у верхніх горизонтах), теплофізичних (зменшення величин температуропровідності, теплоємності та теплопровідності), електрофізичних властивостей (зменшення величин питомого електричного опору, діелектричної проникності верхніх горизонтів в 2 рази, збільшення у 1,5 разу величин питомої електропровідності, мінералізації та солоності верхніх горизонтів), відбивної здатності (зменшення коефіцієнтів яскравості при λ = 480, 650 та 750 нм).

4. Зростання природної лісової рослинності на едафотопах в умовах північної та південної експозицій, а також тальвегу байраку Військового (південний варіант) сприяло змінам їх гранулометричного складу (прояв лесиважу в умовах північної експозиції), структурно-агрегатного складу (збільшення на понад 10 % вмісту агрономічно цінних фракцій при мокрому просіюванні у верхніх горизонтах), гідрофізичних (збільшення величин максимальної гігроскопічної вологості, польової вологоємності та діапазону активної вологи, водопроникності на понад 25 мм/год верхніх горизонтів), теплофізичних (зменшення величин температуропровідності), електрофізичних властивостей (зменшення величин діелектричної проникності верхніх горизонтів у 3 рази), кольорових показників (зменшення величин кольорових показників системи RGB верхніх горизонтів).

5. Едафотопи під штучною лісовою рослинністю характеризуються більшим умістом фракції розміром <0,01 мм, менш виразною структурністю та водостійкістю агрегатів, меншими величинами водопроникності та β-активності, більшими величинами питомого електричного опору та діелектричної проникності порівняно з едафотопами під природною лісовою рослинністю байраків в умовах степу.

6. Фізичні властивості едафотопів під штучною лісовою рослинністю найбільшою мірою визначають уміст органічних речовин, едафотопів під природною лісовою рослинністю – вміст фізичної глини (48,4 та 58,2 % загальної дисперсії фізичних властивостей відповідно).

7. Розроблено педотрансферні моделі для визначення вмісту органічного вуглецю в едафотопах з використанням величин кольорового показника K системи CMYK ($y = 0{,}0188 + 0{,}0535*x$), коефіцієнта яскравості при λ = 650 нм ($y = 5{,}0716 - 3{,}2255*\log10(x)$) та щільності твердої фази ($y = 32{,}2816 - 12{,}1924*x$) під штучною лісовою рослинністю в умовах північностепової підзони, а також величин водопроникності ($y = -2{,}9732 + 0{,}0494*x$) – для едафотопів під природною лісовою рослинністю.

8. Розроблено та обґрунтовано оціночні градації едафотопів лісових біогеоценозів у степу за величинами їх температуропровідності, теплоємності, теплопровідності, питомого електричного опору, діелектричної проникності, кольорових показників системи RGB та β-активності, які можуть використовуватися при діагностиці зазначених едафотопів.

9. Запропоновано систему якісної оцінки 4 градацій інтенсивності прояву сильватизації, яка ґрунтується на кількісній та якісній характеристиці змін фізичних властивостей едафотопів (вміст фізичної глини, вміст агрономічно

цінних фракцій при сухому та мокрому просіюванні, загальна пористість, водопроникність, температуропровідність, теплоємність, теплопровідність, питомий електричний опір, діелектрична проникність, кольорові показники системи RGB, β-активність) біогеоценозів степу під впливом штучної та природної лісової рослинності.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Враховуючи безумовний позитивний вплив штучної та природної лісової рослинності в умовах степу на навколишнє середовище та фізичні властивості едафотопів забезпечити впровадження заходів, спрямованих на збереження, відновлення та створення нових лісових насаджень на основі лісотипологічних принципів О. Л. Бельгарда.

2. Інтенсифікувати використання експрес-методів визначення інформативних фізичних властивостей едафотопів (питомий електричний опір та питома електропровідність, діелектрична проникність, колір) при виконанні екологічних досліджень.

3. При встановленні величини питомої електропровідності водної витяжки едафотопу понад 200 мкСм/см (при використанні співвідношення наважки до дистильованої води 1:5) та/або величини питомого електричного опору менше 1,1 Ом·м виконувати розгорнуті дослідження едафотопу для виявлення особливостей їх засолення.

4. Використовувати результати визначення діелектричної проникності едафотопів для дослідження якісних особливостей їх структурно-агрегатного складу.

5. Використовувати результати дослідження кольору та теплоємності едафотопів для попереднього встановлення вмісту в них органічних речовин.

6. При оцінці фізичного стану едафотопів використовувати не тільки кількісні, але й якісні характеристики їх фізичних властивостей.

СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Одноосібні розділи монографій

1. **Горбань, В. А.** (2016). Фізичні властивості ґрунтів та підстилок лісових біогеоценозів степової зони України. У А. П. Травлєєв (Ред.). Біогеоценологічні дослідження лісів степової зони України (с. 142–154). Дніпро: Свідлер А. Л. https://repository.dnu.dp.ua/document-details/4826

2. **Gorban, V.** (2021). Robinia pseudoacacia and Quercus robur plantations change the physical properties of Calcic Chernozem. In Soils under stress (P. 95–103). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-68394-8_10 (**Scopus**)

Публікації у виданнях, які включені до міжнародних наукометричних баз (Web of Science та Scopus)

3. Holoborodko, K. K., Marenkov, O. M., **Gorban, V. A.,** & Voronkova, Y. S. (2016). The problem of assessing the viability of invasive species in the conditions of

the steppe zone of Ukraine. Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology, ecology, 24(2), 466–472. https://doi.org/10.15421/011663 (**Web of Science**) (*особистий внесок: підбір та аналіз літературних даних, формулювання висновків*).

4. **Gorban, V.,** Huslystyi, A., Kotovych, O., & Yakovenko, V. (2020). Changes in physical and chemical properties of Calcic chernozem affected by Robinia pseudoacacia and Quercus robur plantings. Ekológia (Bratislava), 39(1), 27–44. http://doi.org/10.2478/eko-2020-0003 (**Scopus Q3**) (*особистий внесок: аналіз літературних даних, збирання й опрацювання матеріалу, аналіз й узагальнення результатів, формулювання висновків*).

5. **Gorban, V.,** Huslystyi, A., Recio Espejo, J. M., & Bilova, N. (2021). Prediction of SOC in Calcic Chernozem in the steppe zone of Ukraine using brightness and colour indicators. Ekológia (Bratislava), 40(4), 325–336. http://doi.org/10.2478/eko-2021-0034 (**Scopus Q3**) (*особистий внесок: аналіз літературних даних, збирання й опрацювання матеріалу, аналіз й узагальнення результатів, формулювання висновків*).

6. **Gorban, V.,** & Huslystyi, A. (2023). Changes in selected properties of Calcic Chernozem due to cultivation of Robinia pseudoacacia and Quercus robur. Folia Oecologica, 50(2), 196–203. http://doi.org/10.2478/foecol-2023-0018 (**Scopus Q2, Web of Science**) (*особистий внесок: аналіз літературних даних, збирання й опрацювання матеріалу, аналіз й узагальнення результатів, формулювання висновків*).

7. Yakovenko, V., **Gorban, V.,** Kotovych, O., Didur, O., & Lisovets, O. (2024). Visual evaluation of soil structure in low-intensity land use systems of steppe zone of Ukraine. Soil Use and Management, 40(1), e12972. http://doi.org/10.1111/sum.12972 (**Scopus Q1, Web of Science**) (*особистий внесок: аналіз літературних даних, збирання й опрацювання матеріалу, аналіз й узагальнення результатів, формулювання висновків*).

8. **Gorban, V. A.,** Bilova, N. A., Poleva, J. L., Huslystyi, A. O., Kotovych, O. V., & Hunko, S. O. (2024). The influence of forest vegetation on the physical properties of chernozems in the steppe zone of Ukraine. Biosystems Diversity, 32(1), 3–11. http://doi.org/10.15421/012401 (**Scopus Q3, Web of Science**) (*особистий внесок: аналіз літературних даних, збирання й опрацювання матеріалу, аналіз й узагальнення результатів, формулювання висновків*).

9. **Gorban, V. A.,** Poleva, J. L., Bilova, N. A., Hunko, S. O., & Kotovych, O. V. (2024). Mechanisms of influence of forest ecosystems on the aggregate composition and water stability of soil aggregates in the semi-arid area of southeast Ukraine. Regulatory Mechanisms in Biosystems, *15*(1), 148–158. http://doi.org/10.15421/022422 (**Scopus Q4, Web of Science**) (*особистий внесок: аналіз літературних даних, збирання й опрацювання матеріалу, аналіз й узагальнення результатів, формулювання висновків*).

10. Yakovenko, V., **Gorban, V.,** Kotovych, O., Didur, O., & Poleva, J. (2025). Humus forms, earthworm bioturbation and soil organic carbon storage in Chernozems of the low-intensity land use of steppe zone of Ukraine. Geoderma Regional, 42, e00988. https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2025.e00988 (**Scopus Q1, Web of Science**) (*особистий внесок: аналіз літературних даних, збирання й опрацювання матеріалу, аналіз й узагальнення результатів, формулювання висновків*).

Публікації у виданнях, які включені до переліку фахових видань України

11. **Горбань, В. А.** (2013). Еколого-фізичні властивості імпульверизаційно-ґрунтового матеріалу лісових культурбіогеоценозів Присамар'я Дніпровського. Екологія та ноосферологія, 24(1–2), 49–59. http://nbuv.gov.ua/j-pdf/etn_2013_24_1-2_7.pdf

12. **Горбань, В. А.,** & Макалей, З. А. (2013). Роль физико-химических и физических исследований при лесной рекультивации в условиях степной зоны Украины. Ґрунтознавство, 14(1–2), 102–109. http://nbuv.gov.ua/j-pdf/grunt_2013_14_1-2_13.pdf (*особистий внесок: аналіз літературних даних, збирання й опрацювання матеріалу, аналіз й узагальнення результатів, формулювання висновків*).

13. **Горбань, В. А.,** & Беркар, А. О. (2013). Природна радіоактивність лісополіпшених едафотопів Присамар'я Дніпровського. Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель, 42, 77–82. http://nbuv.gov.ua/UJRN/pslis_2013_42_15 (*особистий внесок: аналіз літературних даних, збирання й опрацювання матеріалу, аналіз й узагальнення результатів, формулювання висновків*).

14. **Горбань, В. А.** (2015). Экологическая физика почв как раздел экологического почвоведения. Екологія та ноосферологія, 26(3–4), 96–105. http://nbuv.gov.ua/UJRN/etn_2015_26_3-4_11

15. **Горбань, В. А.,** Стригіна, Т. А., & Мандригеля, М. В. (2016). Особливості структурно-агрегатного складу чорноземів лісових байраку Глибокого. Ґрунтознавство, 17(1–2), 65–73. http://nbuv.gov.ua/UJRN/grunt_2016_17_1-2_8 (*особистий внесок: аналіз літературних даних, збирання й опрацювання матеріалу, аналіз й узагальнення результатів, формулювання висновків*).

16. **Горбань, В. А.** (2016). Роль структуры в обеспечении биогеоценотических функций почв. Екологія та ноосферологія, 27(3–4), 89–96. http://nbuv.gov.ua/UJRN/etn_2016_27_3-4_11

17. **Горбань, В. А.** (2016). К методике изучения диэлектрической проницаемости почв (на примере почв байрачных лесов северного варианта степной зоны Украины). Ґрунтознавство, 17(3–4), 90–97. http://nbuv.gov.ua/UJRN/grunt_2016_17_3-4_10

18. **Горбань, В. А.** (2017). Фізичні властивості ґрунтів як складова характеристики лісорослинних умов степової зони України. Екологія та ноосферологія, 28(1–2), 96–104. http://nbuv.gov.ua/UJRN/etn_2017_28_1-2_11

19. **Горбань, В. А.,** Гуслистий, А. О., Мандригеля, М. В., & Погрібняк, В. О. (2017). Вплив лісової рослинності на діелектричну проникність та електрофізичні показники чорноземів. Ґрунтознавство, 18(1–2), 38–45. http://nbuv.gov.ua/UJRN/grunt_2017_18_1-2_6 (*особистий внесок: аналіз літературних даних, збирання й опрацювання матеріалу, аналіз й узагальнення результатів, формулювання висновків*).

20. **Горбань, В. А.,** & Гуслистий, А. О. (2018). Деякі особливості впливу насаджень *Robinia pseudoacacia* L. на ґрунти в посушливих умовах. Екологія та ноосферологія, 29(1), 47–51. http://doi.org/10.15421/031808 (*особистий внесок: аналіз літературних даних, збирання й опрацювання матеріалу, аналіз й узагальнення результатів, формулювання висновків*).

21. **Горбань, В. А.** (2018). Діагностичне значення фізичних властивостей ґрунтів лісових біогеоценозів степової зони України. Екологія та ноосферологія, 29(2), 83–88. http://doi.org/10.15421/031814

22. **Горбань, В. А.** (2019). Вплив штучних лісових насаджень на теплофізичні властивості чорноземів звичайних. Екологія та ноосферологія, 30(1), 33–38. http://doi.org/10.15421/031906

23. **Горбань, В. А.,** & Болобан, А. О. (2019). Особливості структурно-агрегатного складу чорноземів звичайних під степовою та лісовою рослинністю. Екологія та ноосферологія, 30(2), 74–79. http://doi.org/10.15421/031913 (*особистий внесок: аналіз літературних даних, збирання й опрацювання матеріалу, аналіз й узагальнення результатів, формулювання висновків*).

24. **Горбань, В.** (2019). Вплив штучних лісонасаджень на електрофізичні показники чорнозему звичайного. Вісник Львівського університету. Серія біологічна, 81, 76–85. http://doi.org/10.30970/vlubs.2019.81.09

25. **Горбань, В. А.,** Хмеленко, О. В., Гуслистий, А. О., & Тетюха, О. Г. (2019). Вплив лісової рослинності на колір, відбивну здатність та вміст гумусу в чорноземах звичайних. Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель, 48, 25–37. http://doi.org/10.15421/441903 (*особистий внесок: аналіз літературних даних, збирання й опрацювання матеріалу, аналіз й узагальнення результатів, формулювання висновків*).

26. **Горбань, В. А.,** Купцова, К. С., Острянин, Н. С., & Тетюха, О. Г. (2020). Особливості структурно-агрегатного складу едафотопів байрачних лісів південного варіанта степової зони України. Екологія та ноосферологія, 31(1), 16–22. http://doi.org/10.15421/032003 (*особистий внесок: аналіз літературних даних, збирання й опрацювання матеріалу, аналіз й узагальнення результатів, формулювання висновків*).

27. **Горбань, В. А.** (2020). Природна радіоактивність ґрунтів байрачних біогеоценозів північного варіанту степової зони України. Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель, 49, 58–66. http://doi.org/10.15421/442005

28. **Горбань, В. А.** (2020). Особливості теплофізичних властивостей ґрунтів байрачних біогеоценозів південного варіанту степової зони України. Екологія та ноосферологія, 31(2), 82–86. http://doi.org/10.15421/032013

29. **Горбань, В. А.,** Якуба, М. С., & Гуслистий, А. О. (2021). Вплив лісової рослинності на колір, відбивну здатність та вміст гумусу в ґрунтах байраків північного варіанта степової зони України. Екологія та ноосферологія, 32(1), 28–34. http://doi.org/10.15421/032105 (*особистий внесок: аналіз літературних даних, збирання й опрацювання матеріалу, аналіз й узагальнення результатів, формулювання висновків*).

30. Якуба, М. С., & **Горбань, В. А.** (2021). Історичні аспекти створення та особливості функціонування полезахисних насаджень степової зони України. Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель, 50, 33–43. http://doi.org/10.15421/442104 (*особистий внесок: аналіз літературних даних, формулювання висновків*).

31. **Горбань, В. А.** (2021). Вплив штучних лісових насаджень на діелектричну проникність та електрофізичні показники чорноземів південних. Екологія та ноосферологія, 32(2), 77–81. http://doi.org/10.15421/032113

32. **Горбань, В. А.** (2022). Вплив штучних лісонасаджень *Robinia pseudoacacia* L. та *Quercus robur* L. на гранулометричний склад чорноземів звичайних. Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель, 51, 42–51. http://doi.org/10.15421/442204

33. **Горбань, В. А.,** & Божко, К. М. (2023). Природна радіоактивність ґрунтів байраку Військового. Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель, 52, 56–62. http://doi.org/10.15421/442305 (*особистий внесок: аналіз літературних даних, збирання й опрацювання матеріалу, аналіз й узагальнення результатів, формулювання висновків*).

34. **Горбань, В. А.,** & Білова, Н. А. (2024). Вплив лісових насаджень на теплофізичні властивості чорноземів південних. Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Екологія», 30, 26–35. http://doi.org/10.26565/1992-4259-2024-30-02 (*особистий внесок: аналіз літературних даних, збирання й опрацювання матеріалу, аналіз й узагальнення результатів, формулювання висновків*).

35. **Горбань, В. А.,** & Божко, К. М. (2024). Вплив лісової рослинності на електрофізичні властивості байрачних чорноземів степової зони України. Біологія та екологія, 10(1), 8–14. http://doi.org/10.33989/2024.10.1.306003 (*особистий внесок: аналіз літературних даних, збирання й опрацювання матеріалу, аналіз й узагальнення результатів, формулювання висновків*).

36. **Горбань, В. А.** (2024). Вплив лісонасаджень *Robinia pseudoacacia* L. та *Quercus robur* L. на склад та водостійкість агрегатів чорноземів південних. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Агрономія і біологія», 55(1), 63–70. http://doi.org/10.32782/agrobio.2024.1.9

Публікації, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

37. **Горбань, В. А.** (2014). Лісова пертиненція та фізичні властивості чорноземів. Агрохімія та ґрунтознавство. Спеціальний випуск до IX з'їзду Українського товариства ґрунтознавців та агрохіміків. Книга 2. (С. 112–113). Харків.

38. **Горбань, В. А.** (2015). Фізичні властивості чорноземів лісових Присамар'я Дніпровського. III Міжнародного форуму студентів, аспірантів і молодих учених: Тези доповідей. (С. 361–363). Дніпропетровськ.

39. **Горбань, В. А.,** Лаврик, Н. М., & Мандригеля, М. В. (2015). Особливості фізичних властивостей чорноземів байрачних лісів Присамар'я Дніпровського. Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах: Матеріали VIII Міжнародної наукової конференції. (С. 23–24). Дніпропетровськ: Ліра (*особистий внесок: аналіз літературних даних, збирання й опрацювання матеріалу, аналіз й узагальнення результатів, формулювання висновків*).

40. **Горбань, В. А.** (2016). Структурно-агрегатний склад чорноземів байрачних лісів Присамар'я. Екологічні дослідження лісових біогеоценозів степової зони України: Матеріали міжнародної наукової конференції. (С. 18–20). Дніпро: Ліра.

41. **Горбань, В. А.** (2017). Екологічна роль гранулометричного складу ґрунтів при створенні лісових насаджень в умовах степової зони України. XIV з'їзд Українського ботанічного товариства: Матеріали з'їзду. (С. 40). Київ.

42. **Горбань, В. А.,** & Гуслистый, А. А. (2018). Влияние насаждений *Quercus robur* L. на содержание гумуса и отражательную способность черноземов обыкновенных степной зоны Украины. International scientific congress «Medical and Biological Sciences: Achievements and Perspectives». (P. 277–281). Tanzania. (*особистий внесок: аналіз літературних даних, збирання й опрацювання матеріалу, аналіз й узагальнення результатів, формулювання висновків*).

43. **Горбань, В. А.,** & Гуслистий, А. О. (2018). Дослідження взаємозв'язків між вмістом гумусу та відбивною здатністю чорноземів звичайних. Агрохімія і ґрунтознавство. Спеціальний випуск до XI з'їзду ґрунтознавців та агрохіміків України. Книга 1. Ґрунтознавство. (С. 192–194). Харків. (*особистий внесок: аналіз літературних даних, збирання й опрацювання матеріалу, аналіз й узагальнення результатів, формулювання висновків*).

44. **Горбань, В. А.,** Тетюха, О. Г., & Купцова, К. С. (2018). Вплив *Quercus robur* L. та *Robinia pseudoacacia* L. на структурно-агрегатний склад чорноземів звичайних. Екологічні дослідження лісових біогеоценозів степової зони України: Матеріали II Міжнародної наукової конференції. (С. 25–26). Дніпро: Ліра. (*особистий внесок: аналіз літературних даних, збирання й опрацювання матеріалу, аналіз й узагальнення результатів, формулювання висновків*).

45. **Горбань, В. А.,** & Болобан, А. О. (2019). Діелектрична проникність чорноземів Комісарівського заказника як показник особливостей їх грунтогенезу. Геоботанічні, ґрунтові та екологічні дослідження лісових біогеоценозів степової зони: історія, сучасність, перспективи: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 90-річчю з дня народження чл.-кор. НАН України, д.б.н., професора А. П. Травлєєва. (Р. 69–71). Дніпро: Ліра. (*особистий внесок: аналіз літературних даних, збирання й опрацювання матеріалу, аналіз й узагальнення результатів, формулювання висновків*).

46. **Gorban, V. A.,** Yakobchuk, K. S., & Tetiukha, O. G. (2020). Thermal properties of forest soils in Ukrainian steppe. VI International Scientific and Practical Conference SH SCW "NEW ROUTE": Abstracts. (P. 119–123). Greece: Athens. (*особистий внесок: аналіз літературних даних, збирання й опрацювання матеріалу, аналіз й узагальнення результатів, формулювання висновків*).

47. **Горбань, В. А.,** & Лісовець, О. І. (2020). Екосистемні моніторингові дослідження в Присамар'ї (Дніпропетровська область, Україна). Моніторинг та охорона біорізноманіття в Україні: Рослинний світ та гриби. Серія: «Conservation Biology an Ukraine», 16(1). (С. 62–65). Київ; Чернівці: Друк Арт. (*особистий внесок: аналіз літературних даних, збирання й опрацювання матеріалу, аналіз й узагальнення результатів, формулювання висновків*).

48. **Горбань, В. А.** (2020). Оцінка впливу лісових насаджень на теплофізичні властивості чорноземів південних. Ґрунти України, їх стан та збалансоване використання: Матеріали всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції молодих учених та спеціалістів. (С. 23–24). Харків: ПП «Стиль-Іздат».

49. **Горбань, В. А.,** Хорольська, П. В., & Мизін, К. В. (2021). Вплив лісових насаджень на електрофізичні показники чорноземів південних степової зони України. Збалансоване управління ґрунтовими ресурсами – запорука сталого розвитку агросфери: Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених та спеціалістів, присвяченої 65-річчю заснування Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського». (С. 37–38). Харків. (*особистий внесок: аналіз літературних даних, збирання й опрацювання матеріалу, аналіз й узагальнення результатів, формулювання висновків*).

50. **Горбань, В. А.,** Реціо Еспехо, Х. М., Якуба, М. С., & Захода, А. С. (2021). Діагностична роль кольорових показників ґрунтів байрачних лісів Присамар'я. Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах: Матеріали XI Міжнародної наукової конференції. (С. 70–71). Дніпро: Ліра. (*особистий внесок: аналіз літературних даних, збирання й опрацювання матеріалу, аналіз й узагальнення результатів, формулювання висновків*).

51. **Горбань, В. А.** (2022). Вплив лісових насаджень на структурно-агрегатний склад чорнозему південного. Геоботанічні, ґрунтові та екологічні дослідження лісових біогеоценозів степової зони: історія, сучасність, перспективи: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 120-річчю з дня народження доктора біологічних наук, професора О. Л. Бельгарда. (С. 28–29). Дніпро: Ліра.

52. **Горбань, В. А.,** & Ковтун, К. В. (2022). Зміни гранулометричного складу чорноземів звичайних під дією лісових насаджень. Перлини степового краю: Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції. (С. 10–12). Миколаїв: МНАУ. (*особистий внесок: аналіз літературних даних, збирання й опрацювання матеріалу, аналіз й узагальнення результатів, формулювання висновків*).

53. Ільченко, А. С., & **Горбань, В. А.** (2022). Визначення вмісту органічного вуглецю в чорноземах звичайних за допомогою кольорових показників. Молодь: наука та інновації: Матеріали X Міжнародної науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених. (С. 250–251). Дніпро: НТУ «ДП». (*особистий внесок: аналіз літературних даних, збирання й опрацювання матеріалу, аналіз й узагальнення результатів, формулювання висновків*).

54. **Горбань, В.** (2024). Оцінка сильватизації штучних та природних лісових біогеоценозів за змінами гранулометричного складу їх едафотопів. Актуальні проблеми формальної і неформальної освіти з моніторингу довкілля та заповідної справи: Зб. тез доповідей III Міжнародної інтернет-конференції. (С. 98–99). Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна.

55. **Горбань, В.** (2024). Оцінка сильватизації лісових біогеоценозів за змінами структурно-агрегатного складу їх едафотопів в умовах степової зони України. Наукові досягнення у дослідженнях молоді з вирішення актуальних запитів ґрунтознавства та агрохімії: Зб. тез Міжнар. наук.-практ. конф. (С. 45–48). Харків: ННЦ «ІГА імені О. Н. Соколовського».

56. **Горбань, В. А.** (2024). Електрофізичні властивості та діелектрична проникність едафотопів байрачних лісів південного варіанту степової зони України. Геоботанічні, ґрунтові та екологічні дослідження лісових біогеоценозів

степової зони: історія, сучасність, перспективи: Матеріали ІІІ Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 95-річчю з дня народження чл.-кор. НАН України, д.б.н., професора А. П. Травлєєва. (С. 50–52). Дніпро: Ліра.

57. **Горбань, В. А.** (2024). Вплив лісової рослинності на структурно-агрегатний склад чорноземів степового Придніпров'я. XV з'їзд Українського ботанічного товариства: Матеріали з'їзду. (С. 66). Одеса: Видавничий дім «Гельветика».

58. **Горбань, В. А.** (2025). Вплив природної лісової рослинності на електрофізичні показники едафотопів байраку Глибокого. Проблеми фундаментальної, прикладної екології та екологічної освіти: Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції, присвяченої 90-річчю від дня народження Володимира Івановича Шанди, к.б.н., професора кафедри ботаніки та екології Криворізького державного педагогічного університету. (С. 34–35). Кривий Ріг: КДПУ.

АНОТАЦІЯ

Горбань В. А. Екологічні основи формування фізичних властивостей едафотопів лісових біогеоценозів степового Придніпров'я. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора біологічних наук за спеціальністю 03.00.16 – екологія. – Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара. Дніпро, 2026.

Дисертаційна робота присвячена теоретичному узагальненню та шляхам вирішення наукової проблеми, пов'язаної з визначенням особливостей формування фізичних властивостей едафотопів лісових біогеоценозів степової зони.

Встановлено, що вплив штучної лісової рослинності на едафотопи в умовах північностепової підзони зумовив зміни їх гранулометричного складу (збільшення вмісту фракцій розміром <0,01 та 0,005–0,001 мм), гідрофізичних (зменшення величин максимальної гігроскопічної вологості, збільшення величин діапазону активної вологи, відносної доступності вологи та водопроникності), теплофізичних (збільшення величин температуропровідності, теплоємності та теплопровідності) та електрофізичних властивостей (збільшення величин питомого електричного опору, зменшення величин питомої електропровідності, солоності, мінералізації та діелектричної проникності), відбивної здатності (зменшення величин коефіцієнта яскравості при λ = 480 нм). Зростання штучної лісової рослинності на едафотопах в умовах середньостепової підзони характеризується менш вираженим впливом на їх фізичні властивості.

Виявлено, що вплив природної лісової рослинності на едафотопи в умовах північної та південної експозицій, а також тальвегу байраку Глибокого (північний варіант) зумовив зміни їх гранулометричного складу (внаслідок лесиваж відбувається вимивання фракції розміром <0,001 мм з верхніх горизонтів у нижні), структурно-агрегатного складу (збільшення вмісту агрономічно цінних фракцій при сухому просіюванні), гідрофізичних (збільшення величин максимальної гігроскопічної вологості, польової вологоємності на понад 10 % у верхніх горизонтах, діапазону активної вологи, вологості розриву капілярного зв'язку,

водопроникності на понад 28 мм/год у верхніх горизонтах), теплофізичних (зменшення величин температуропровідності, теплоємності та теплопровідності), електрофізичних властивостей (зменшення величин питомого електричного опору, діелектричної проникності верхніх горизонтів у 2 рази, збільшення у 1,5 разу величин питомої електропровідності, мінералізації та солоності верхніх горизонтів), відбивної здатності (зменшення коефіцієнтів яскравості при λ = 480, 650 та 750 нм). Зростання природної лісової рослинності на едафотопах в умовах північної та південної експозицій, а також тальвегу байраку Військового (південний варіант) зумовило менш виражені зміни їх фізичних властивостей.

Встановлено, що фізичні властивості едафотопів під штучною лісовою рослинністю найбільшою мірою визначають уміст органічних речовин, едафотопів під природною лісовою рослинністю – вміст фізичної глини (48,4 та 58,2 % загальної дисперсії фізичних властивостей відповідно).

На основі результатів дослідження фізичних властивостей едафотопів розроблено педотрансферні моделі для визначення вмісту органічного вуглецю в едафотопах з використанням величин кольорового показника K системи CMYK (y = 0,0188 + 0,0535*x), коефіцієнта яскравості при λ = 650 нм (y = 5,0716 - 3,2255*log10(x)) та щільності твердої фази (y = 32,2816 - 12,1924*x) під штучною лісовою рослинністю в умовах північностепової підзони, а також величин водопроникності (y = -2,9732 + 0,0494*x) – для едафотопів під природною лісовою рослинністю.

На основі результатів досліджень запропоновано систему якісної оцінки інтенсивності прояву сильватизації, яка ґрунтується на кількісній та якісній характеристиці змін фізичних властивостей едафотопів біогеоценозів степу під впливом штучної та природної лісової рослинності.

Ключові слова: едафотоп, фізичні властивості, штучна та природна лісова рослинність, педотрансферні моделі, оціночні градації, сильватизація, степова зона України.

ABSTRACT

Gorban V. A. Ecological fundamentals of the formation of physical properties of edaphotops of forest biogeocenoses of steppe Pridnieprovie. – The manuscript.

Dissertation for the Degree of Doctor of biological sciences, specialty 03.00.16 – ecology. – Oles Gonchar Dnipro National University. Dnipro, 2026.

The dissertation is devoted to the theoretical generalization and ways of solving the scientific problem related to the ecological role of forest vegetation in the transformation of the physical properties of edaphotops of the steppe.

It was established that the impact of artificial forest vegetation on edaphotops in the conditions of the northern steppe subzone caused changes in their granulometric composition (increase in the content of fractions with a size of <0.01 and 0.005–0.001 mm), hydrophysical (decrease in the values of maximum hygroscopic humidity, increase in the values of the range of active moisture, relative moisture availability and water permeability), thermophysical (increase in the values of thermal diffusivity, heat capacity and thermal conductivity) and electrophysical properties (increase in the values

of specific electrical resistance, decrease in the values of specific electrical conductivity, salinity, mineralization and dielectric permittivity), reflectivity (decrease in the values of the brightness coefficient at λ = 480 nm). The growth of artificial forest vegetation on edaphotops in the conditions of the middle steppe subzone is characterized by a less pronounced impact on their physical properties.

It was found that the influence of natural forest vegetation on edaphotops in conditions of northern and southern exposures, as well as the thalweg of the Hlyboky ravine (northern variant) caused changes in their granulometric composition (as a result of leaching, the fraction with a size of <0.001 mm is washed out from the upper horizons to the lower ones), structural and aggregate composition (an increase in the content of agronomically valuable fractions during dry sieving), hydrophysical (an increase in the values of maximum hygroscopic humidity, field moisture capacity by more than 10% in the upper horizons, the range of active moisture, moisture of capillary rupture, water permeability by more than 28 mm/h in the upper horizons), thermophysical (a decrease in the values of thermal diffusivity, heat capacity and thermal conductivity), electrophysical properties (a decrease in the values of specific electrical resistance, dielectric permittivity of the upper horizons by 2 times, an increase in the values of specific electrical conductivity, mineralization and salinity of the upper horizons), reflectivity (reduction in brightness coefficients at λ = 480, 650 and 750 nm). The growth of natural forest vegetation on edaphotops under conditions of northern and southern exposures, as well as the thalweg of the Voyskovy ravine (southern variant) led to less pronounced changes in their physical properties.

It was found that the physical properties of edaphotops under artificial forest vegetation are largely determined by the content of organic matter, edaphotops under natural forest vegetation are largely determined by the content of physical clay (48.4 and 58.2% of the total dispersion of physical properties, respectively).

Based on the results of the study of the physical properties of edaphotops, pedotransfer models were developed to determine the organic carbon content in edaphotops using the values of the color index K of the CMYK system ($y = 0.0188 + 0.0535*x$), the brightness coefficient at λ = 650 nm ($y = 5.0716 - 3.2255*\log10(x)$) and the density of the solid phase ($y = 32.2816 - 12.1924*x$) under artificial forest vegetation in the conditions of the northern steppe subzone, as well as water permeability values ($y = -2.9732 + 0.0494*x$) for edaphotops under natural forest vegetation.

Based on the results of the research, a system of qualitative assessment of the intensity of the manifestation of sylvatization was proposed, which is based on the quantitative and qualitative characteristics of changes in the physical properties of edaphotops of steppe biogeocenoses under the influence of artificial and natural forest vegetation.

Keywords: edaphotop, physical properties, artificial and natural forest vegetation, pedotransfer models, estimated gradations, sylvatization, steppe zone of Ukraine.