

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ
ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ
ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ІЛЯШЕВИЧ МИХАЙЛО МИХАЙЛОВИЧ

УДК 574.42+581.5+614.841.42

ДИСЕРТАЦІЯ

**ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ ТА ПОСТПРОГЕННА
ФІТОМЕЛІОРАЦІЯ В КАРПАТСЬКОМУ ЛІСОГОСПОДАРСЬКОМУ
РАЙОНІ**

101 - Екологія

10 - Природничі науки

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень.

Використання ідей, результатів і текстів
інших авторів

мають посилання на відповідне джерело

М. М. Іляшевич
(підпис)

Науковий керівник: **Шуплат Тарас Ігорович**, кандидат сільськогосподарських наук

Львів 2026

АНОТАЦІЯ

Ляшевич М. М. Екологічні наслідки лісових пожеж та постпірогенна фітомеліорація в Карпатському лісогосподарському районі. - Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 101 - Екологія. - Львівський державний університет безпеки життєдіяльності Державної служби України з надзвичайних ситуацій, Львів, 2026.

Дисертаційна робота присвячена розв'язанню актуального науково-технічного завдання - дослідженням екологічних наслідків пожеж у природних екосистемах, у тому числі лісових пожеж, а також встановленню процесів фітомеліоративного відновлення порушених територій.

У 2025 році в Україні зафіксували 61865 пожеж у природних екосистемах та на відкритих територіях. Загальні матеріальні втрати від цих пожеж у 2025 році склали понад 2,1 млрд грн. Із цієї суми близько 408 млн грн — це знищене майно, інфраструктура, техніка тощо. Ще в понад 1,7 млрд грн оцінюються шкода довкіллю, наслідки для здоров'я людей та економіки. Ці показники не враховують окуповані території. Упродовж 2025 року внаслідок пожеж на відкритих територіях загинуло 73 людини та 200 людей отримали травми. У 2024 році загинуло 42 людини і 191 людина отримала травми.

Щороку у світі реєструється близько 400 тис. пожеж у природних екосистемах, значну частину яких становлять лісові пожежі. Такі надзвичайні події спричиняють пошкодження майже 0,5 % загальної площі лісових масивів та супроводжуються викидом в атмосферу мільйонів тон продуктів горіння, що негативно впливає на стан довкілля, кліматичні процеси та якість атмосферного повітря. Водночас відсутність дієвого механізму фінансування заходів із запобігання, своєчасного виявлення та ліквідації пожеж на сільськогосподарських територіях суттєво ускладнює забезпечення пожежної безпеки відкритих ландшафтів. У результаті основне навантаження щодо

реагування на пожежі в природних екосистемах, зокрема на сільськогосподарських землях, луках, пасовищах та інших відкритих територіях, покладається на практичні підрозділи ДСНС України.

В останні десятиліття вплив кліматичних змін на території Українських Карпат проявляється у збільшенні середньорічних температур, зростанні частоти хвиль спеки та зміні режиму випадання атмосферних опадів. Такі тенденції можуть сприяти подовженню пожежонебезпечного періоду та збільшенню кількості випадків загоряння природних екосистем. Особливо вразливими є лісові масиви, торфoviща, лучні та чагарникові угруповання, які в умовах дефіциту вологи накопичують значну кількість сухої горючої біомаси.

Для оцінки проходження фітомеліоративних процесів у регіоні досліджень важлива роль відводилась оцінці просторової структури сформованих фітоценозів, котра включає вертикальну і горизонтальну структури. Під час рекогносцирувальних досліджень пірогенно порушених територій у межах Закарпатської низовини ідентифіковано 50 видів рослинного покриву, які відносяться до 17 родин: Айстрові (Asteraceae), Березові (Betulaceae), Бобові (Fabaceae), Букові (Fagaceae), Вербові (Salicaceae), Гречкові (Polygonaceae), Злакові (Poaceae), Маренові (Rubiaceae), Окружкові (Ariaceae), Осокові (Cyperaceae), Подорожникові (Plantaginaceae), Сапіндові (Sapindaceae), Соснові (Pinaceae), Трояндові (Rosaceae), Фіалкові (Violaceae), Хвощеві (Equisetaceae), Щитникові (Dryopteridaceae).

Результат сезонного вивчення рівнів життєвості деревних і трав'янистих видів дозволили встановити наступний віталітетний диференційований ряд, сформований із ділянок від вищого до нижчого рівнів життєвості: дослідна ділянка №4 (с. Дубриничі): повна (бал 3) - 58-60%, середня (бал 2) - 40-42%; дослідна ділянка №5 (с. Вишка, територія НПП Ужанський): повна (бал 3) - 50-53%, середня (бал 2) - 47-50%; дослідна ділянка №2 (с. Вовкове): середня (бал 2) - 55-57%, знижена (бал 1) - 43-45%; дослідна ділянка №1 (с. Руські Комарівці): середня (бал 2) - 40-44%, знижена (бал 1) - 56-60%; дослідна ділянка №3 (м. Ужгород, вул. О. Блистіва): середня (бал 2) - 25-30%, знижена

(бал 1) - 70-75%.

Найбільшу частку з типів ушкоджень деревних насаджень обстежених дослідних ділянок, посідають всихаючі насадження, які становили на час проведення досліджень, частку 49%. Частки інших типів ушкодження є наступними: суховершинні насадження - 34%, сухостійні насадження - 10% і аварійно похилені та зламані насадження - 7%.

У досліджуваних деревних рослин, котрі зростають у більш сприятливих умовах едафотопів та кліматопів, значення імпедансу фіксувались низькими, а рівень поляризаційної ємності, навпаки високим. Дані віталізаційні аспекти, відображається у зовнішньому фізіологічному вигляді, зокрема характерному природному забарвленні, повноті габітусу, мінімальній кількості сухих пагонів та фітопатологічних ушкоджень. Ослаблені ж дослідні деревні екземпляри, демонстрували суттєво вищі показники імпедансу і нижчий рівень поляризаційної ємності. У зовнішньому вигляді присутні значні зміни: тм'яність і сухість листя, пагонів, менша щільність і розгалуженість намету, тріщини на стовбурі, відшарування кори, спричинені впливом підвищених температур внаслідок пожеж, що є свідченням пониженого рівня фізіологічної життєвості та довговічності насаджень.

У структурі ідентифікованої деревної та трав'янистої рослинності, виділено за відношенням до наявності поживних речовин у едафотопах (трофністю) наступні класифікаційні групи: види, які віддають перевагу середнім за рівнем тропності умовам місцезростання (мезотрофи) - 51%, види, які віддають перевагу бідним умовам місцезростання (оліготрофи) - 22,5% і види, які віддають перевагу багатим умовам місцезростання (мегатрофи або еутрофи) - 26,5%. Встановлено наступне співвідношення груп за відношенням до вологості: ксеромезофіти -13,5%, мезоксерофіти -23%, мезофіти - 37,5%, мезогірофіти - 12%, гігрофіти - 14%. Встановлено наступне співвідношення груп за відношенням до освітлення: геліофіти - 45,5%, сціофіти - 20,8%, сціогеліофіти - 21,5%, геліосціофіти - 12,2%.

Багатофакторна регресійна модель показала, що просторові фактори суттєво впливають на розподіл рухомих сполук фосфору у ґрунті після лісової пожежі ($R^2 = 0,32$). Встановлено позитивну залежність концентрації фосфору від східного напрямку та негативну - від північного, що свідчить про вплив напрямку поширення пожежі та переносу зольних залишків. Регресійна модель загалом відповідає реальним даним, а наявність відхилень спричинена додатковими чинниками (у тому числі метеорологічними). Статистичний аналіз показав високу варіабельність показників ($V = 32\%$), що підтверджує просторову неоднорідність впливу пожежі на ґрунтовий покрив. Порівняння з контрольною ділянкою (8,0 мг/кг) вказує на зростання вмісту фосфору приблизно на 32%.

Визначення температурних характеристик займання рослинності є важливим елементом комплексного дослідження пожежної небезпеки природних екосистем. Воно забезпечує наукове підґрунтя для оцінки ризиків, прогнозування поведінки пожеж та розроблення ефективних заходів щодо їх попередження і ліквідації, особливо на територіях, що вже зазнали впливу пожеж. У нашому випадку для дослідження було взято такі види рослинності - *Tanacetum vulgare* L., *Chenopodium album* L., *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth., *Bellis perennis* L., *Populus tremula* L., *Betula pendula* Roth., *Prunus avium*, *Robinia pseudoacacia* L. Листя акації мають температуру займання близьку до температури займання деревини акації, але вищу температуру самозаймання відносно деревини. Також, листя має здатність до теплового самозаймання в умовах експерименту, але в природі створення умов для даного процесу не відбувається.

Для всіх рослин з визначення здатності до теплових умов самозаймання рослин (рослинної сировини) характерні ступінчасті криві на графіках на ділянці +70-+100 °С, що пояснюється процесом сушіння - випаровуванням внутрішньої вологи з подальшим прогріванням до заданої температури. Всі рослинні матеріали зразків здатні до теплового самозаймання, але умови в природі для даних рослин відсутні: тривала температура вище +70 °С,

скиртування у великих обсягах, висока щільність укладання тощо. Для Закарпатської низовини ці дослідження мають особливе значення, оскільки регіон характеризується високою продуктивністю рослинного покриву, значною часткою лучних екосистем та сезонною динамікою вологості.

З метою дослідження складу газоподібних продуктів горіння рослинності, відібраної з ділянок природних екосистем, що зазнали впливу пожеж, було проведено газохроматографічний аналіз. Дослідження виконували в науково-дослідній лабораторії пожежної безпеки Львівського державного університету безпеки життєдіяльності із застосуванням газового хроматографа «Хром-5».

Для ідентифікації та кількісного визначення компонентів продуктів горіння сухої трави з вологістю 10 % використовували колонку, заповнену цеолітом СаА (молекулярні сита 5А). Аналіз хроматограми показав наявність декількох характерних піків. Перший сигнал із часом утримування 9,8 с відповідає піку мертвого об'єму системи та обумовлений короткочасним збуренням тиску під час введення проби. Наступні піки ідентифіковано як кисень (47,1 с), азот (59,3 с), оксид вуглецю (83,7 с), діоксид вуглецю (121,4 с), метан (168,1 с), а також слідові кількості легких вуглеводнів, представлених етаном та пропановою фракцією (229,7 та 289,0 с відповідно). Для порівняння було проведено аналіз тієї ж проби на колонці, заповненій сорбентом Полісорб-1. На хроматограмі зафіксовано чотири основні піки. Перший і найбільший пік із часом утримування 49,0 с відповідає сумарному виходу кисню, азоту та оксиду вуглецю, які за даних умов не розділяються на колонці Полісорб-1. Другий пік із часом утримування 77,5 с ідентифіковано як метан, третій пік (119,4 с) - як діоксид вуглецю, а четвертий пік (153,3 с) відповідає суміші легких вуглеводнів фракції С₂ та залишкової водяної пари.

З метою дослідження складу газоподібних продуктів горіння деревини осики (*Populus tremula* L.), відібраної на ділянках природних екосистем, що зазнали впливу пожеж, проведено газохроматографічний аналіз отриманих продуктів згоряння. Аналіз хроматограми показав наявність декількох характерних піків. Перший сигнал із часом утримування 38,0 с відповідає піку

мертвого об'єму системи та пов'язаний із збуренням тиску під час введення проби. Наступний невеликий пік із часом утримування 62,9 с можна віднести до аргону, який потрапляє до проби разом з атмосферним повітрям. Основними компонентами суміші є кисень та азот, що реєструються при часах утримування 81,7 та 116,2 с відповідно. Найбільшу площу має пік азоту, що є характерним для димових газів, значною мірою розбавлених атмосферним повітрям. Для отримання більш повної інформації про склад продуктів горіння було проведено додатковий аналіз на колонці, заповненій сорбентом Полісорб-1. На отриманій хроматограмі зафіксовано три основні піки. Перший пік із часом утримування 45,4 с відповідає суміші газів атмосферного повітря (азоту та кисню), які потрапили до проби під час відбору. Другий пік із часом утримування 145,4 с ідентифіковано як оксид вуглецю (CO), що є характерним продуктом неповного згоряння деревини. Третій і найбільший пік із часом утримування 960,4 с відповідає діоксиду вуглецю (CO₂), який є основним продуктом повного окиснення органічної речовини.

Серед заходів, спрямованих на зменшення потенційних небезпек для довкілля та населення регіону, важливе місце посідають фітомеліоративні процеси, як біологічний етап процесу відновлення порушених територій під впливом екзогенних чинників. Як показали проведені маршрутні польові дослідження, на усіх ділянках має місце природній фітомеліоративний процес. Процес природнього заростання цих території є неоднорідним у територіальному відношенні, на окремих ділянках присутній значний і різноманітний деревний та трав'янистий покрив, а на інших, його обмаль або й практично немає. Використовуючи показник балів наявного у конкретних досліджуваних умовах рослинного покриву, розраховано наступний розподіл коефіцієнтів фітомеліоративної ефективності (K_{FM}) досліджуваних ділянок: ділянка № 1 (с. Руські Комарівці): $K_{FM} = 4,0$; ділянка № 2 (с. Вовкове): $K_{FM} = 4,5$; ділянка № 3 (м. Ужгород, вул. О. Блистіва): $K_{FM} = 3,0$; ділянка № 4 (с. Дубриничі): $K_{FM} = 5,5$; ділянка № 5 (с. Вишка (територія НПП Ужанський)): $K_{FM} = 5,0$. Розрахунок коефіцієнтів фітомеліоративної ефективності показав

наступну диференціацію отриманих даних: найвищий показник зафіксовано на території дослідної ділянки №4 ($K_{FM} = 5,5$); дещо нижчі показники на ділянках №5 ($K_{FM} = 5,0$), №2 ($K_{FM} = 4,5$). Суттєво нижчий показник коефіцієнта, встановлено для ділянки № 1 ($K_{FM} = 4,0$). Найнижчий показник коефіцієнта фітомеліоративної ефективності розраховано на ділянці №3 ($K_{FM} = 3,0$).

У процесі математичного моделювання еколого-фітоценотичного простору різних класів рослинності було визначено рослинні асоціації, у напрямі яких може відбуватися постпірогенна сукцесія суходільної луки. Ці асоціації лягли в основу завершального етапу моделювання комплексних градієнтів середовища. Після розгляду декількох варіантів математичного моделювання лісову рослинність було виключено із процедури обчислень. Положення асоціацій лісової рослинності порівняно з рослинним угрупованням постпірогенної сукцесії визначали шляхом екстраполяції.

В еколого-фітоценотичному просторі рудеральної рослинності на місці знищеного вогнем рослинного угруповання із великою ймовірністю формуватимуться асоціації *Convolvulo arvensis-Agropyretum repentis*, *Agropyretum repentis*, *Balloto-Chenopodietum* і *Artemisio-Tanacetum vulgare*. Відновлення лісової рослинності шляхом сприяння природному поновленню або створення лісових культур із великою ймовірністю відбуватиметься у напрямі формування асоціацій *Potentillo albae-Quercetum* та *Tilio cordatae-Carpinetum betuli*.

Ключові слова: екологічна безпека, біоіндикація, фітомеліорація, рослинність, деградовані ґрунти, ендофіт, пожежогасіння, лісові пожежі, ґрунти, температура, мікроклімат, карта забруднень довкілля вуглеводнями, фізико-хімічні дослідження, забруднення, поверхнево активні речовини.

Список публікацій здобувача

Наукові праці в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Skrobala, V., Popovych, V., **Ilyashevych, M.**, Korol, K., Renkas, A., Popovych, N., & Wojko, T. Forecasting post-fire dynamics of vegetation recovery in natural ecosystems. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2025. 26(8). 398-411. <https://doi.org/10.12912/27197050/208577> (Scopus, Q3)

Особистий внесок - формулювання завдання і мети досліджень, опрацювання результатів досліджень.

2. Kuzyk A., Lagno D., Popovych V., **Ilyashevych M.** Mathematical modeling of the development and extinguishing of forest fires in radionuclear contaminated areas. *Journal of Environmental Research, Engineering and Management*. 2025. 81(4). 142-151. <https://doi.org/10.5755/j01.erem.81.4.42339> (Scopus, Q3)

Особистий внесок - аналіз літературних та наукових джерел, постановка проблеми.

3. Іляшевич М. М. Екологічна оцінка фітомеліоративної ефективності територій порушеними пожежами в природних екосистемах. *Екологічні науки*. 2026. 3(66). С. 99-106. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2026.eco.3-66.13>

4. Іляшевич М. М. Особливості впливу пожеж у Карпатському лісогосподарському районі на довкілля. *Біологічні, хімічні та екологічні загрози під час війни: колективна монографія*. Львів: ЛДУБЖД, 2026. С. 52-60.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

5. **Іляшевич, М. М.**, Шуплат Т. І. Вплив пожеж на лісові екосистеми Закарпатської області. *Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування. VIII Міжнародний молодіжний конгрес, 02-03 березня 2023, Україна, Львів: збірник матеріалів - Львів: Національний університет «Львівська політехніка», 2023. С. 52.*

Особистий внесок - аналіз літературних та наукових джерел, постановка завдання, формулювання висновків.

6. **Іляшевич, М. М.**, Шуплат Т. І. Проблема знищення лісових ресурсів України внаслідок військових дій. *Відновлення довкілля України внаслідок*

збройної агресії росії: зб. тез доповідей Круглого столу (м. Львів, 17 березня 2023 року). 2023. С. 29-33.

Особистий внесок - аналіз літературних та наукових джерел, формулювання висновків.

7. **Іляшевич, М. М.**, Шуплат Т. І. Екологічні наслідки пожеж в лісових екосистемах, спричинених військовими діями, як прояв екоциду. *Лісові пожежі в умовах війни: зб. тез доповідей Круглого столу (м. Львів, 24 травня 2024 року)*. 2024. С. 18-20.

Особистий внесок - аналіз літературних та наукових джерел, формулювання висновків.

8. Дочинець В. В., **Іляшевич М. М.**, Попович В. В. Флористична та екологічна структура рослинного покриву полігонів твердих побутових відходів Закарпатської області. *International scientific conference (December 25-26, 2024, Riga)*. 2024. С. 17-21. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-521-1-4>

Особистий внесок - аналіз літературних джерел, польові дослідження, опрацювання результатів досліджень.

9. **Іляшевич, М. М.**, Шуплат Т. І., Попович В. В. Експрес-діагностика рівня життєвості деревних насаджень постпірогенних територій Закарпатської області за допомогою електрофізіологічних методів. *Проблеми та перспективи розвитку безпеки життєдіяльності в умовах війни: зб. наук. праць XXI Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, курсантів та студентів*. Львів: ЛДУБЖД, 2026. С. 809-815.

Особистий внесок - аналіз літературних джерел, польові дослідження, опрацювання результатів досліджень.

10. **Іляшевич, М.**, Шуплат Т., Попович В. Особливості пожеж у природних екосистемах Закарпатської низовини та їх наслідки. *Цивільний захист в умовах війни : збірник тез доповідей II Міжнародної науково-практичної конференції*, м. Львів, 15 квітня 2026 року. Львів: ЛДУБЖД, 2026. С. 236-238.

Особистий внесок - аналіз літературних та наукових джерел, формулювання висновків.

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

11. Попович В. В., Кучерявий В. П., Скиба Т. К., Бойко Т. В., Дочинець В. В., **Ляшевич М. М.**, Кіт О. Ю., Попович Н. П., Коваль В. В. Пристрій для вимірювання щільності ґрунту: пат. 162515 Україна: МПК G01N 9/36. № u202504363; заявл. 08.09.2025; опубл. 01.04.2026, Бюл. № 13/2026.

Особистий внесок - аналіз літературних джерел, опрацювання формули моделі.

12. Попович В. В., Кучерявий В. П., Скиба Т. К., Бойко Т. В., Дочинець В. В., **Ляшевич М. М.**, Кіт О. Ю., Кочмар І. М., Федів І. С., Скробала В. М. Пристрій для вимірювання липкості ґрунту: пат. 162516 Україна: МПК G01N 9/36. № u202504365; заявл. 08.09.2025; опубл. 01.04.2026, Бюл. № 13/2026.

Особистий внесок - аналіз літературних джерел, опрацювання реферату.

ABSTRACT

Ilyashevych M.M. Environmental Consequences of Forest Fires and Post-Pyrogenic Phytomelioration in the Carpathian Forestry Region. - Qualifying scientific work as a manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in specialty 101 - Ecology. - Lviv State University of Life Safety of the State Emergency Service of Ukraine, Lviv, 2026.

The dissertation is devoted to solving an urgent scientific and technical problem, namely the study of the environmental consequences of fires in natural ecosystems, including forest fires, as well as the identification of phytomeliorative recovery processes in disturbed areas.

In 2025, 61,865 fires were recorded in natural ecosystems and open areas in Ukraine. The total material losses caused by these fires in 2025 amounted to more than UAH 2.1 billion. Of this amount, approximately UAH 408 million accounted for destroyed property, infrastructure, equipment, etc. More than UAH 1.7 billion was

attributed to environmental damage, impacts on human health, and economic consequences. These figures do not include the occupied territories. During 2025, fires in open areas caused the death of 73 people, while 200 people were injured. In 2024, 42 people died, and 191 people were injured.

Approximately 400,000 fires in natural ecosystems are registered worldwide every year, a significant proportion of which are forest fires. Such emergencies cause damage to almost 0.5% of the total forest area and are accompanied by the emission of millions of tonnes of combustion products into the atmosphere, which negatively affects the state of the environment, climatic processes, and atmospheric air quality. At the same time, the absence of an effective mechanism for financing measures aimed at preventing, timely detecting, and extinguishing fires in agricultural areas significantly complicates the provision of fire safety in open landscapes. As a result, the main burden of responding to fires in natural ecosystems, particularly on agricultural lands, meadows, pastures, and other open areas, falls on the operational units of the State Emergency Service of Ukraine.

In recent decades, the impact of climate change in the Ukrainian Carpathians has been manifested in rising average annual temperatures, an increasing frequency of heatwaves, and changes in precipitation patterns. These trends may contribute to the prolongation of the fire-danger period and an increase in the number of ignition cases in natural ecosystems. Forest stands, peatlands, meadows, and shrub communities are particularly vulnerable, as under moisture-deficit conditions they accumulate considerable amounts of dry, combustible biomass.

To assess the course of phytomeliorative processes in the study region, special attention was paid to the spatial structure of the formed phytocoenoses, including both vertical and horizontal structures. During reconnaissance studies of pyrogenically disturbed areas within the Zakarpattia Lowland, 50 plant cover species were identified, belonging to 17 families: Asteraceae, Betulaceae, Fabaceae, Fagaceae, Salicaceae, Polygonaceae, Poaceae, Rubiaceae, Apiaceae, Cyperaceae, Plantaginaceae, Sapindaceae, Pinaceae, Rosaceae, Violaceae, Equisetaceae, and Dryopteridaceae.

The results of the seasonal study of vitality levels of woody and herbaceous species made it possible to establish the following differentiated vitality series, arranged from sites with higher to lower vitality levels: experimental site No. 4 (Dubrynychy village): full vitality, score 3 - 58-60%, medium vitality, score 2 - 40-42%; experimental site No. 5 (Vyshka village, territory of Uzhanskyi National Nature Park): full vitality, score 3 - 50-53%, medium vitality, score 2 - 47-50%; experimental site No. 2 (Vovkove village): medium vitality, score 2 - 55-57%, reduced vitality, score 1 - 43-45%; experimental site No. 1 (Ruski Komarivtsi village): medium vitality, score 2 - 40-44%, reduced vitality, score 1 - 56-60%; experimental site No. 3 (Uzhhorod, O. Blystiva Street): medium vitality, score 2 - 25-30%, reduced vitality, score 1 - 70-75%.

Among the types of damage to woody plantations in the surveyed experimental sites, the largest share was represented by drying plantations, which accounted for 49% at the time of the research. The shares of other types of damage were as follows: plantations with dry tops - 34%, dead standing trees - 10%, and dangerously leaning or broken trees - 7%.

The impedance values of the studied woody plants growing under more favourable edaphotope and climatope conditions were low, whereas the level of polarization capacitance was, conversely, high. These vitality-related aspects were reflected in the external physiological appearance of plants, particularly in their characteristic natural colouration, well-developed habitus, and minimal number of dry shoots and phytopathological lesions. Weakened woody specimens, by contrast, demonstrated significantly higher impedance values and lower levels of polarization capacitance. Their external appearance showed considerable changes: dullness and dryness of leaves and shoots, lower density and branching of the crown, cracks in the trunk, and bark exfoliation caused by exposure to elevated temperatures as a result of fires. These features indicate a reduced level of physiological vitality and longevity of the plantations.

In the structure of the identified woody and herbaceous vegetation, the following classification groups were distinguished according to their relation to nutrient

availability in edaphotopes, i.e. trophicity: species preferring sites with medium trophic conditions, mesotrophs - 51%; species preferring poor habitat conditions, oligotrophs - 22.5%; and species preferring rich habitat conditions, megatrophs or eutrophs - 26.5%. The following ratio of groups according to moisture requirements was established: xeromesophytes - 13.5%, mesoxerophytes - 23%, mesophytes - 37.5%, mesohygrophytes - 12%, and hygrophytes - 14%. The following ratio of groups according to light requirements was established: heliophytes - 45.5%, sciophytes - 20.8%, scioheliophytes - 21.5%, and heliosciophytes - 12.2%.

The multifactor regression model showed that spatial factors significantly influence the distribution of mobile phosphorus compounds in soil after a forest fire ($R^2 = 0.32$). A positive dependence of phosphorus concentration on the eastern direction and a negative dependence on the northern direction were established, indicating the influence of the direction of fire spread and the transport of ash residues. In general, the regression model corresponds to the actual data, while the observed deviations are caused by additional factors, including meteorological ones. Statistical analysis showed high variability of indicators ($V = 32\%$), confirming the spatial heterogeneity of fire impact on the soil cover. Comparison with the control site (8.0 mg/kg) indicates an increase in phosphorus content by approximately 32%.

Determination of the temperature characteristics of vegetation ignition is an important element of a comprehensive study of fire hazard in natural ecosystems. It provides a scientific basis for risk assessment, prediction of fire behaviour, and development of effective measures for fire prevention and suppression, especially in areas that have already been affected by fires. In this study, the following vegetation species were selected: *Tanacetum vulgare* L., *Chenopodium album* L., *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth., *Bellis perennis* L., *Populus tremula* L., *Betula pendula* Roth., *Prunus avium*, and *Robinia pseudoacacia* L. Acacia leaves have an ignition temperature close to that of acacia wood, but a higher self-ignition temperature compared with wood. The leaves are also capable of thermal self-ignition under experimental conditions; however, in nature, the conditions required for this process do not occur.

For all plant materials studied for their ability to undergo thermal self-ignition, stepwise curves were observed on the graphs in the range of +70 to +100 °C. This is explained by the drying process, namely evaporation of internal moisture followed by heating to the set temperature. All sampled plant materials are capable of thermal self-ignition; however, natural conditions necessary for this process are absent for these plants, including prolonged temperatures above +70 °C, stacking in large volumes, high packing density, etc. For the Zakarpattya Lowland, these studies are of particular importance because the region is characterized by high productivity of plant cover, a significant share of meadow ecosystems, and seasonal moisture dynamics.

To study the composition of gaseous combustion products of vegetation collected from natural ecosystem sites affected by fires, gas chromatographic analysis was carried out. The research was conducted in the Fire Safety Research Laboratory of Lviv State University of Life Safety using a Khrom-5 gas chromatograph.

To identify and quantify the components of combustion products of dry grass with a moisture content of 10%, a column filled with CaA zeolite, molecular sieve 5A, was used. Chromatogram analysis revealed several characteristic peaks. The first signal, with a retention time of 9.8 s, corresponds to the dead-volume peak of the system and is caused by a short-term pressure disturbance during sample injection. The following peaks were identified as oxygen (47.1 s), nitrogen (59.3 s), carbon monoxide (83.7 s), carbon dioxide (121.4 s), methane (168.1 s), as well as trace amounts of light hydrocarbons represented by ethane and propane fractions (229.7 and 289.0 s, respectively). For comparison, the same sample was analysed using a column filled with Polysorb-1 sorbent. Four main peaks were recorded on the chromatogram. The first and largest peak, with a retention time of 49.0 s, corresponds to the total output of oxygen, nitrogen, and carbon monoxide, which under these conditions are not separated on the Polysorb-1 column. The second peak, with a retention time of 77.5 s, was identified as methane; the third peak (119.4 s) as carbon dioxide; and the fourth peak (153.3 s) as a mixture of light hydrocarbons of the C₂ fraction and residual water vapour.

To study the composition of gaseous combustion products of aspen wood (*Populus tremula* L.) collected from fire-affected natural ecosystem sites, gas chromatographic analysis of the obtained combustion products was performed. Chromatogram analysis showed several characteristic peaks. The first signal, with a retention time of 38.0 s, corresponds to the dead-volume peak of the system and is associated with pressure disturbance during sample injection. The next small peak, with a retention time of 62.9 s, may be attributed to argon, which enters the sample together with atmospheric air. The main components of the mixture are oxygen and nitrogen, recorded at retention times of 81.7 and 116.2 s, respectively. The nitrogen peak has the largest area, which is typical of flue gases considerably diluted with atmospheric air. To obtain more complete information on the composition of combustion products, an additional analysis was carried out using a column filled with Polysorb-1 sorbent. Three main peaks were recorded on the obtained chromatogram. The first peak, with a retention time of 45.4 s, corresponds to a mixture of atmospheric air gases, namely nitrogen and oxygen, which entered the sample during sampling. The second peak, with a retention time of 145.4 s, was identified as carbon monoxide (CO), a characteristic product of incomplete wood combustion. The third and largest peak, with a retention time of 960.4 s, corresponds to carbon dioxide (CO₂), which is the main product of complete oxidation of organic matter.

Among the measures aimed at reducing potential hazards to the environment and the population of the region, phytomeliorative processes occupy an important place as a biological stage in the recovery of areas disturbed by exogenous factors. As shown by the conducted route-based field studies, a natural phytomeliorative process is occurring at all sites. The process of natural overgrowth of these territories is spatially heterogeneous: some areas have considerable and diverse woody and herbaceous cover, while others have little or almost none. Using the score indicator of plant cover present under specific study conditions, the following distribution of phytomeliorative efficiency coefficients (K_{FM}) was calculated for the studied sites: site No. 1 (Ruski Komarivtsi village): $K_{FM} = 4.0$; site No. 2 (Vovkove village): $K_{FM} =$

4.5; site No. 3 (Uzhhorod, O. Blystiva Street): $K_{FM} = 3.0$; site No. 4 (Dubrynychy village): $K_{FM} = 5.5$; site No. 5 (Vyshka village, territory of Uzhanskyi National Nature Park): $K_{FM} = 5.0$. The calculation of phytomeliorative efficiency coefficients showed the following differentiation of the obtained data: the highest value was recorded at experimental site No. 4 ($K_{FM} = 5.5$); slightly lower values were recorded at sites No. 5 ($K_{FM} = 5.0$) and No. 2 ($K_{FM} = 4.5$). A significantly lower coefficient was established for site No. 1 ($K_{FM} = 4.0$). The lowest phytomeliorative efficiency coefficient was calculated for site No. 3 ($K_{FM} = 3.0$).

In the process of mathematical modelling of the ecological and phytocoenotic space of different vegetation classes, plant associations were identified in the direction of which post-pyrogenic succession of dry meadow vegetation may proceed. These associations formed the basis for the final stage of modelling complex environmental gradients. After considering several variants of mathematical modelling, forest vegetation was excluded from the calculation procedure. The position of forest vegetation associations in relation to the plant community of post-pyrogenic succession was determined by extrapolation.

Within the ecological and phytocoenotic space of ruderal vegetation, the associations *Convolvulo arvensis-Agropyretum repentis*, *Agropyretum repentis*, *Balloto-Chenopodietum*, and *Artemisio-Tanacetum vulgaris* are highly likely to form at the site of the plant community destroyed by fire. Restoration of forest vegetation through the promotion of natural regeneration or the establishment of forest plantations is highly likely to proceed towards the formation of the associations *Potentillo albae-Quercetum* and *Tilio cordatae-Carpinetum betuli*.

Keywords: environmental safety, bioindication, phytomelioration, vegetation, degraded soils, endophyte, fire extinguishing, forest fires, soils, temperature, microclimate, environmental hydrocarbon pollution map, physicochemical studies, pollution, surfactants.

List of the Applicant's Publications

Scientific papers in which the main scientific results of the dissertation have been published:

1. Skrobala, V., Popovych, V., **Ilyashevych, M.**, Korol, K., Renkas, A., Popovych, N., & Bojko, T. Forecasting post-fire dynamics of vegetation recovery in natural ecosystems. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2025. 26(8). 398-411. <https://doi.org/10.12912/27197050/208577> (Scopus, Q3)

Personal contribution of the applicant - formulation of the research aim and objectives, as well as processing and interpretation of the obtained research results.

2. Kuzyk A., Lagno D., Popovych V., **Ilyashevych M.** Mathematical modeling of the development and extinguishing of forest fires in radionuclear contaminated areas. *Journal of Environmental Research, Engineering and Management*. 2025. 81(4). 142-151. <https://doi.org/10.5755/j01.erem.81.4.42339> (Scopus, Q3)

Personal contribution of the applicant - analysis of scientific and literature sources, and formulation of the research problem.

3. Ilyashevych M. M. Ecological assessment of phytomeliorative efficiency of areas disturbed by fires in natural ecosystems. *Ecological Sciences*. 2026. 3(66). P. 99-106. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2026.eco.3-66.13>

4. Ilyashevych M. M. Features of the impact of fires in the Carpathian forestry region on the environment. In: *Biological, Chemical and Environmental Threats during War: collective monograph*. Lviv: Lviv State University of Life Safety, 2026. P. 52-60.

Scientific works confirming the approbation of dissertation materials:

5. **Ilyashevych M. M.**, Shuplat T. I. Impact of fires on forest ecosystems of the Zakarpattia region. In: *Sustainable Development: Environmental Protection. Energy Saving. Balanced Nature Management. VIII International Youth Congress, March 2-*

3, 2023, Lviv, Ukraine: *Proceedings. Lviv: Lviv Polytechnic National University, 2023. P. 52.*

Personal contribution - analysis of literature and scientific sources, formulation of the research task, formulation of conclusions.

6. **Iliashevych M. M.**, Shuplat T. I. The problem of the destruction of forest resources of Ukraine as a result of military actions. In: *Restoration of Ukraine's Environment Caused by Armed Aggression of Russia: Proceedings of the Round Table Discussion (Lviv, March 17, 2023)*. 2023. P. 29-33.

Personal contribution - analysis of literature and scientific sources, formulation of conclusions.

7. **Iliashevych M. M.**, Shuplat T. I. Ecological consequences of forest fires caused by military actions as a manifestation of ecocide. In: *Forest Fires in Wartime Conditions: Proceedings of the Round Table Discussion (Lviv, May 24, 2024)*. 2024. Pp. 18-20.

Personal contribution - analysis of literature and scientific sources, formulation of conclusions.

8. Dochynets V. V., **Iliashevych M. M.**, Popovych V. V. Floristic and ecological structure of vegetation cover at municipal solid waste landfills in the Zakarpattia region. *International Scientific Conference (December 25-26, 2024, Riga)*. 2024. P. 17-21. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-521-1-4>

Personal contribution - analysis of literature sources, field studies, processing of research results.

9. **Iliashevych M. M.**, Shuplat T., Popovych V. Express diagnosis of vitality level of woody plantations on post-pyrogenic territories of the Zakarpattia region using electrophysiological methods. In: *Problems and Prospects of Life Safety Development under Wartime Conditions: Proceedings of the XXI International Scientific and Practical Conference of Young Scientists, Cadets and Students. Lviv: Lviv State University of Life Safety, 2026. Pp. 809-815.*

Personal contribution - analysis of literature sources, field studies, and processing of research results.

10. **Iliashevych M. M.**, Shuplat T., Popovych V. Features of fires in natural ecosystems of the Zakarpattia Lowland and their consequences. In: *Civil Protection in Wartime Conditions: Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference, Lviv, April 15, 2026*. Lviv: Lviv State University of Life Safety, 2026. P. 236-238.

Personal contribution - analysis of literature and scientific sources, formulation of conclusions.

Scientific works additionally reflecting the scientific results of the dissertation:

11. Popovych V. V., Kucheriavyi V. P., Skyba T. K., Boiko T. V., Dochynets V. V., **Iliashevych M. M.**, Kit O. Yu., Popovych N. P., Koval V. V. Device for measuring soil density: Patent of Ukraine No. 162515, IPC G01N 9/36. Application No. u202504363; filed 08.09.2025; published 01.04.2026, Bulletin No. 13/2026.

Personal contribution - analysis of scientific sources, development of the model formula.

12. Popovych V. V., Kucheriavyi V. P., Skyba T. K., Boiko T. V., Dochynets V. V., **Iliashevych M. M.**, Kit O. Yu., Kochmar I. M., Fediv I. S., Skrobala V. M. Device for measuring soil stickiness: Patent of Ukraine No. 162516, IPC G01N 9/36. Application No. u202504365; filed 08.09.2025; published 01.04.2026, Bulletin No. 13/2026.

Personal contribution - analysis of scientific sources, preparation of the abstract.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	24
ВСТУП.....	25
РОЗДІЛ 1. ПОШИРЕННЯ ПОЖЕЖ У ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМАХ В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ	31
1.1. Особливості впливу пожеж у природних екосистемах на довкілля.....	31
1.2. Вплив зміни клімату на зростання кількості пожеж у природних екосистемах	37
1.3. Лісові пожежі та їх еколого-техногенна небезпека	41
1.4. Пожежі у природних екосистемах Закарпатської низовини	47
1.5. Основні напрями прикладних наукових досліджень пожеж у природних екосистемах.....	56
Висновки до Розділу 1.....	58
РОЗДІЛ 2. ПРОГРАМА, ОБ’ЄКТИ, МЕТОДИ, ПРИЛАДИ ТА МАТЕРІАЛИ ДОСЛІДЖЕНЬ. ХАРАКТЕРИСТИКА ДОСЛІДЖУВАНИХ ДІЛЯНОК	60
2.1. Програма досліджень.....	60
2.2. Об’єкти, методи, прилади та матеріали досліджень	61
2.3. Екологічна характеристика досліджуваних ділянок	72
Висновки до Розділу 2.....	92
РОЗДІЛ 3. ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ РЕГІОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ	94
3.1. Адміністративно-територіальна структура	94
3.2. Природно-кліматичні умови Закарпатської низовини.....	99
3.2.1. Кліматичні умови.....	99
3.2.2. Геоморфологічні та геологічні характеристики.....	109

	22
3.2.3. Ґрунти та рослинність регіону дослідження.....	112
3.2.4. Гідрографічна мережа регіону дослідження.....	115
3.2.5. Рослинність регіону дослідження.....	117
3.3. Техногенно-екологічна характеристика Закарпатської області.....	122
3.4. Радіаційна безпека Закарпатської області.....	126
3.5. Ризики виникнення надзвичайних ситуацій на території Закарпатської області.....	129
Висновки до Розділу 3.....	151
РОЗДІЛ 4. ЕКОЛОГО-ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА ПІРОГЕННО ТРАНСФОРМОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ	
4.1. Аналіз видового складу рослинності пірогенно трансформованих територій	153
4.2. Віталітет рослинності внаслідок пожеж у природних екосистемах	158
4.3. Санітарний стан обстежених деревних насаджень	159
4.4. Експрес-діагностика життєвості деревних насаджень на постпірогенних територіях за допомогою електрофізіологічних методів	162
4.5. Екологічна структура рослинності досліджуваних ділянок.....	167
4.6. Фізико-хімічні властивості постпірогенних ґрунтів.....	169
4.7. Температура займання та температура самозаймання зразків рослинності відібраних з територій порушених пожежами в природних екосистемах.....	174
4.8. Теплові умови самозаймання зразків листя акації і трав'янистої рослинності відібраних з територій порушених пожежами в природних екосистемах.....	179
4.9. Газохроматографічний аналіз продуктів горіння сухої трави.....	186
4.10. Газохроматографічний аналіз продуктів горіння деревини (<i>Populus tremula</i> L.).....	191
Висновки до Розділу 4.....	196

	23
РОЗДІЛ 5. ЕКОЛОГІЧНА РЕНАТУРАЛІЗАЦІЯ ПРОГЕННО ДЕВАСТОВАНИХ ЛАНДШАФТІВ.....	198
5.1. Фітомеліоративні методи відновлення територій порушених пожежами у природних екосистемах.....	198
5.2. Фітомеліоративна ефективність ділянок порушених пожежами у природних екосистемах.....	202
5.3. Прогнозування післяпожежної динаміки відновлення рослинного покриву у природних екосистемах.....	211
Висновки до Розділу 5.....	228
ВИСНОВКИ.....	230
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	234
ДОДАТКИ.....	251

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

БСК	– біохімічне споживання кисню
ГДК	– граничнодопустима концентрація
ГН	– граничні норми
ГУ ДСНС України	– Головне управління Державної служби України з надзвичайних ситуацій
ЕБ	– екологічна безпека
ЄС	– Європейський Союз
ООН	– Організація Об'єднаних Націй
ПАР	– поверхнево активні речовини
ПЕД	– потужність еквівалентної дози
ХПК	– хімічна потреба в кисні
ХСК	– хімічне споживання кисню
ЦЗ	– цивільний захист

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження. У 2025 році в Україні зафіксували 61865 пожеж у природних екосистемах та на відкритих територіях. Загальні матеріальні втрати від цих пожеж у 2025 році склали понад 2,1 млрд грн. Упродовж 2025 року внаслідок пожеж на відкритих територіях загинуло 73 людини та 200 людей отримали травми. У 2024 році загинуло 42 людини і 191 людина отримала травми.

З початку 2026 року (станом на 00:00 24 квітня) підрозділи оперативно-рятувальної служби Закарпатської області ліквідували 889 пожеж в екосистемах краю. Загальна площа знищеної сухої трави, чагарників і сміття становить 618 га. За даними ГУ ДСНС України в Закарпатській області, більшість таких загорянь стається через людську необережність або навмисне спалювання сухої трави та рослинності.

Загалом, подібні випадки пожеж внаслідок необережності при спалюванні сухої трави чи горючого сміття, розведення багать біля та безпосередньо в лісових масивах, на підприємствах стаються майже щодня. Факти загорянь чагарників та сухої трави несуть значну загрозу розповсюдження пожеж на лісові масиви, забруднення довкілля, зміну русел річок тощо. Крім цього, в результаті відсутності надійних джерел водопостачання, доріг та під'їздів до місць гасіння пожеж вони призводять до значних матеріальних затрат підрозділів Державної служби України з надзвичайних ситуацій.

В останні десятиліття вплив кліматичних змін на території Українських Карпат проявляється у збільшенні середньорічних температур, зростанні частоти хвиль спеки та зміні режиму випадання атмосферних опадів. Такі тенденції можуть сприяти подовженню пожежонебезпечного періоду та збільшенню кількості випадків загоряння природних екосистем. Особливо вразливими є лісові масиви, торфовища, лучні та чагарникові угруповання, які в умовах дефіциту вологи накопичують значну кількість сухої горючої біомаси. Тому, вивчення екологічних наслідків пожеж у природних екосистемах (у тому

числі лісових пожеж) та ренатуралізація пірогенно трансформованих територій є актуальним питанням збереження життя і здоров'я людей, що відповідає цілям сталого розвитку.

Зв'язок з науковими програмами, планами, темами. Дисертація виконана в контексті пріоритетних напрямів державної політики України у сфері сталого розвитку, охорони довкілля, раціонального використання природних ресурсів, які визначені Законом України "Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року", а саме - запобігання виникненню надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру, що передбачає аналіз і прогнозування екологічних ризиків, які ґрунтуються на результатах стратегічної екологічної оцінки, оцінки впливу на довкілля, а також комплексного моніторингу стану навколишнього природного середовища. А також відповідає очікуваним результатам виконання програми моніторингу довкілля, яка затверджена Розпорядженням Кабінету Міністрів України «Про схвалення Концепції Державної цільової екологічної програми моніторингу довкілля» - прогнозуванню змін стану навколишнього природного середовища та оперативному реагуванню центральних і місцевих органів виконавчої влади та органів місцевого самоврядування в разі виникнення надзвичайних ситуацій або загрози їх виникнення та належному контролю за їх розвитком і ліквідацією наслідків. Наукова новизна дисертації відповідає Глобальній цілі сталого розвитку ООН - «Ціль 11. Забезпечення відкритості, безпеки, життєстійкості й екологічної стійкості міст, інших населених пунктів».

Дисертаційна робота виконувалася в рамках науково-дослідної роботи Львівського державного університету безпеки життєдіяльності «Чинники формування регіональної техногенної небезпеки внаслідок пожеж у природних екосистемах та функціонування техногенних ландшафтів» (державний реєстраційний номер 0125U003838), де автор є відповідальним виконавцем.

Мета і завдання дослідження. Мета роботи - встановити особливості впливу чинників пожеж у природних екосистемах на екологічний стан довкілля та особливості формування постпірогенної сукцесії.

У відповідності до поставленої мети передбачалося розв'язати наступні завдання:

- встановити видовий склад трав'яної та дерево-чагарникової рослинності в межах досліджуваного регіону, а також видовий склад пірогенної сукцесії;
- встановити екологічні закономірності розвитку рослинності на постпірогенних територіях;
- дослідити вплив високих температур на фізико-хімічні показники едафтопів та відновлення ґрунтів у післяпожежний період;
- дослідити вплив пожеж у природних екосистемах на деревні породи, які розвиваються у досліджуваному регіоні;
- встановити температури займання та самозаймання деревних порід, види яких піддаються періодичним вигоранням внаслідок пожеж;
- встановити склад продуктів горіння трав'янистої рослинності;
- встановити склад продуктів горіння деревної рослинності;
- встановити видовий склад та здійснити математичне моделювання фітомеліоративних процесів на постпірогенних територіях.

Об'єкт дослідження - пожежі у природних екосистемах в умовах зміни клімату.

Предмет дослідження - чинники, процеси розвитку, температурні режими та вплив пожеж на екологічний стан екотопу, фітомеліоративні процеси у межах Закарпатської низовини.

Методи досліджень: експериментального визначення температури займання твердих речовин і матеріалів; експериментального визначення температури самозаймання твердих речовин і матеріалів; експериментальні методи дослідження пожеж в природних екосистемах; методи визначення метеорологічних показників в польових умовах; методи статистичного, кластерного, регресійного аналізу та математичної обробки результатів

досліджень; статистичні методи обробки отриманих результатів досліджень.

Програмне забезпечення - *MS Excel, MS Visio, Paint, Statistica 8.*

Наукова новизна отриманих результатів. У результаті вивчення особливості впливу чинників пожеж у природних екосистемах (лісових пожеж) на екологічний стан довкілля та особливості формування постпірогенної сукцесії отримано такі наукові результати:

вперше:

- встановлено віталітет, санітарний стан та екологічну структуру рослинності на постпірогенних територіях в межах досліджуваного регіону, що дозволяє прогнозувати перебіг природних фітомеліоративних процесів;
- встановлено температуру займання, температуру самозаймання, склад продуктів горіння рослинності в умовах регіону досліджень, а також умови переважання полум'яного горіння над тлінням, що є особливо важливим для практичних підрозділів ДСНС України під час гасіння пожеж у природних екосистемах (лісових пожеж);
- встановлено істотну значущість освітленості, кислотності ґрунту і вмісту азоту для екологічної диференціації лучної, рудеральної і лісової рослинності, яка набула розвитку внаслідок природної фітомеліорації на постпірогенних територіях регіону досліджень;

удосконалено:

- методику індикації стану життєвості рослин за допомогою визначення електричного опору прикамбіальної тканини (імпедансу) та поляризаційної ємності шляхом вивчення цих показників у деревній рослинності, яка піддавалась температурному впливу в природних умовах;
- вивчення сукцесій рослинного вкриття шляхом поєднання фітоіндикаційної оцінки за екологічними шкалами Н. Ellenberg та однофакторного дисперсійного аналізу;

набули подальшого розвитку:

- наукові підходи щодо комплексного дослідження екологічного стану рослинності, що дозволяє оцінити фітомеліоративну ефективність постпірогенних територій;
- методологічні підходи щодо газохроматографічного аналізу продуктів горіння рослинності шляхом порівняння результатів аналізу на відповідних колонках, які дають змогу стверджувати, що їх спільне використання дозволяє отримати найбільш повну інформацію про склад продуктів горіння рослинності в досліджуваному регіоні.

Практичне значення одержаних результатів. Результати досліджень щодо екологічних наслідків лісових пожеж та постпірогенної фітомеліорації в Карпатському лісогосподарському районі використовуються у практичній діяльності ГУ ДСНС України в Закарпатській області (додаток Д) та в практичній діяльності Закарпатського обласного центру з гідрометеорології (додаток Е).

Результати досліджень впроваджені в навчальний процес Львівського державного університету безпеки життєдіяльності під час викладання таких курсів: «Пожежі у природних екосистемах», «Моніторинг довкілля», «Ландшафтна екологія» (додаток Є).

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є завершеною науковою працею та є самостійним дослідженням здобувача, що має наукове та практичне значення. Дисертаційна робота є результатом наукових досліджень дисертанта. Автором розроблено програму та завдання досліджень, проведено низку польових та лабораторних досліджень. Усі наукові ідеї, положення, результати теоретичних досліджень, висновки дисертації розроблені, сформульовані та отримані особисто автором у період з 2022 до 2026 років.

Апробація матеріалів дисертації. Основні положення і результати дисертаційної роботи та окремі результати досліджень доповідались на круглих столах та конференціях різних рівнів: VIII Міжнародний молодіжний конгрес «Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування» (м. Львів, 2023 р.); Круглий стіл «Відновлення довкілля України внаслідок збройної агресії росії» (м. Львів, 2023

p.); Круглий стіл «Лісові пожежі в умовах війни» (м. Львів, 2024 р.); International scientific conference (Riga, 2024 р.); Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених, курсантів та студентів «Проблеми та перспективи розвитку безпеки життєдіяльності в умовах війни» (м. Львів, 2026 р.); II Міжнародна науково-практична конференція «Цивільний захист в умовах війни» (м. Львів, 2026 р.).

Публікації. За результатами досліджень, представлених у дисертаційній роботі, опубліковано 12 наукових праць, з яких: 4 - наукові праці в яких опубліковані основні наукові результати дисертації (2 з них опубліковані в наукометричних журналах бази даних Scopus, Q3); 6 - наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації; 2 - наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Список використаних джерел включає 148 найменування, з них 96 - латиницею. Загальний обсяг роботи складає 314 сторінок, з яких 144 сторінок основного тексту з 37 таблицями та 45 рисунками.

РОЗДІЛ 1. ПОШИРЕННЯ ПОЖЕЖ У ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМАХ В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ

1.1. Особливості впливу пожеж у природних екосистемах на довкілля

Пожежі у природних екосистемах носять глобальний характер та виникають практично у всіх кутках нашої планети. Характер пожеж у природних екосистемах залежить від багатьох чинників, основними із яких є кліматичні та едафічні умови. Значним чинником поширення пожеж у природних екосистемах є фізіологічна стійкість рослинності, зокрема температурна стійкість, а також реалізація протипожежних заходів на відкритих територіях та у лісових масивах. Одним із різновидів пожеж у природних екосистемах є лісові пожежі, які поділяються на верхові, підземні, низові. Станом на листопад 2024 року в Україні лісовими пожежами було охоплено більше земель, ніж у будь-якій іншій країні Європи. Охоплено було понад 906000 гектарів через лісові та пожежі в екосистемах [1]. Це значно перевищує середній показник у 42000 гектарів між 2006 і 2023 роками (рис. 1.1).

Горіння рослинності та органічної речовини під час лісових пожеж вивільняє значну кількість диму (що містить CO₂, поліциклічні ароматичні вуглеводні, дрібні тверді частинки тощо), що знижує якість повітря та негативно впливає на здоров'я тварин. Попіл від лісових пожеж викликає енергетичний дисбаланс, який може обмежувати функції всіх тварин, включаючи зниження росту та розвитку. Вивільнення забруднюючих речовин, таких як тверді частинки та леткі органічні сполуки, під час лісових пожеж, має шкідливий вплив на людину, дику природу та водні організми [2].

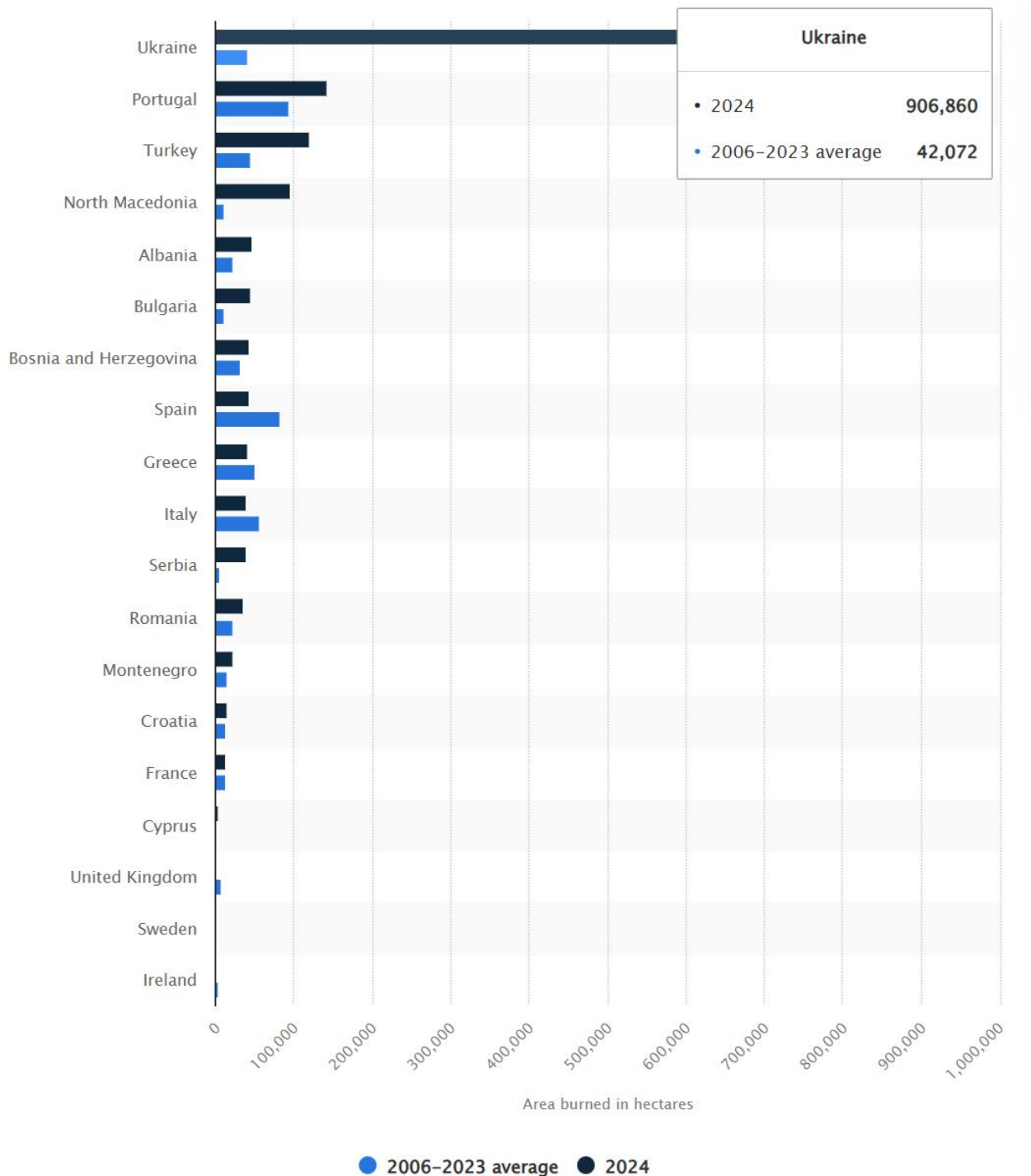


Рисунок 1.1 - Площа, охоплена лісовими пожежами в Європі у 2024 році, із середнім показником за 2006-2023 роки, за країнами (у гектарах) [1]

Великі порушення, такі як пожежі та повені, - це ландшафтні процеси, які можуть змінити структуру ландшафтів у природних заповідниках. Структура ландшафту, у свою чергу, може впливати на життєздатність видів та функціонування екосистем [3]. Понад 70% вигорілих площ у Каталонії

становили ліси, чагарники та луки, тоді як понад 50% осередків пожеж становили оброблювані землі. Чагарники та луки горіли непропорційно більше, ніж лісові території, порівняно із середніми значеннями земного покриву. Навколо країв пожеж дороги, водотоки та оброблювані землі були поширенішими, ніж у середньому в Каталонії. Результати показують, що сільськогосподарська діяльність важлива для забезпечення пожежних укриттів, а також для сприяння стримуванню пожеж [4]. Посушливі чагарники найчастіше демонстрували підвищені викиди NO та N₂O після пожежі, тоді як луки демонстрували ефемерні імпульси ґрунтового NO без суттєвого впливу на викиди N₂O. Викиди N₂O в тропічних лісах збільшилися, але бореальні та помірні ліси мали тенденцію до зниження виділення N₂O після пожеж. Пожежі у природних екосистемах можуть збільшити викиди NO та N₂O з ґрунту із потенційними довгостроковими наслідками щодо втрати азоту в екосистемі та кліматичних зворотних зв'язків [5].

У багатьох випадках вогонь є ключем до розуміння екології популяцій, спільнот та екосистем. Теорії про те, як вогонь взаємодіє з еволюційними процесами, тільки починають розвиватися, і, хоча наразі вони зосереджені переважно на рослинах, ці теорії готові до швидкого розвитку у сфері тварин та мікробів. Дослідницька спільнота з екології пожеж за останні роки досягла величезного прогресу в розумінні багатьох аспектів пожеж та пожежних режимів, включаючи кількість, час, зміни та кінцевий вплив пожеж на земну систему [6]. Стійкість екосистем у певному регіоні може бути знижена внаслідок підвищення температури, посухи, землекористування та вигорання. Існує потенціал для втрати 30% вуглецю рослинністю, якщо глобальне потепління досягне 4°C до кінця століття. Однак, підтримка температури на рівні цільового показника Паризької угоди в 1,5°C може допомогти зменшити найгірші наслідки, обмеживши втрати вуглецю рослинністю до 7% [7].

N ґрунту в місці вигорання був на 440% вищим, ніж N незгорілого ґрунту на початку першого вологого сезону після пожежі і протягом 66 днів повернувся до допожежного рівня. Експорт азоту був на 1480% вищим, ніж

експорт до пожежі під час першого післяпожежного дощу і повернувся протягом 106 днів протягом наступних трьох злив до рівня до пожежі. Баланс маси азоту в масштабі водозбору показав, що 52% азоту від лісових пожеж може бути пояснено ростом рослин і ґрунтових мікробів, тоді як 1% може бути пояснено експортом розчиненого азоту потоком [8].

На вигорілих ділянках нітрифікація була значно підвищена порівняно із невиворілими ділянками. Трави швидко вкоренилися після перших дощів після пожежі. Надземна біомаса рослин засвоювала азот відповідно до мінералізації ґрунту, що свідчить про щільний цикл азоту на ранніх стадіях відновлення. З іншого боку, мікробна біомаса азоту залишалася низькою протягом усього дослідження. Ці результати підкреслюють важливість трав'янистих видів у збереженні поживних речовин екосистеми, оскільки чагарники поступово відновлюються [9].

Співвідношення C/N листя, коренів та мікробної біомаси *Microstegium* були значно ширшими при частих пожежах, ніж при їх відсутності. Відповідно до цих закономірностей, концентрація розчиненого органічного азоту була на 22% нижчою, а активність екзоферменту, що спрямований на поглинання N, була на 59% вищою при частих пожежах. Це свідчить, що часті пожежі збільшують обмеження мікробного азоту. Вищий вміст вуглецю та азоту в поверхні ґрунту, а також збільшення вмісту азоту у твердих частинках органічної речовини ґрунту, спричинене пожежами, свідчать про те, що часті пожежі в цих лісах, вкритих травою, посилювали обмеження мікробного азоту через накопичення мікробно-стійкого пірогенного азоту [10].

Спостерігали сильне збільшення рівня азоту (N) у ґрунті після пожежі, яке було найбільшим у ґрунті з переважанням чагарників; однак домінуюча рослинність мала вплив на мікробні угруповання. Активність ферментів була знижена в ґрунті з переважанням чагарників, але реакція ґрунту з переважанням трав була непослідовною. Через 1 рік рівень азоту в ґрунті залишався підвищеним у вигорілому ґрунті, що свідчить про зміну концентрацій N [11].

Результати [12] показали, що хоча деякі властивості ґрунту повернулися до рівнів, що були до пожеж, у середньостроковій перспективі (катиони ґрунту та NH_4^+), інші, такі як доступний фосфор (P), демонстрували значне зниження, що зберігалось навіть через 18 місяців. Крім того, ґрунти під бобовими спочатку демонстрували вищий рівень вуглецю та азоту ґрунту порівняно з іншими рослинними ділянками, але ця різниця з часом зменшилася. Це, ймовірно, пов'язано зі схильністю бобових рослин до пошкодження вогнем, на відміну від більшої стійкості чагарників родини *Ericaceae*.

Вогонь сформував різні екосистеми у східних широколистяних та Аппалачських лісах вздовж складних геоморфологічних градієнтів. Повторний вогонь, або його відсутність, має значні наслідки для структури лісу, видового складу та функціонування екосистеми [13].

Збільшення кількості листяних чагарників, таких як *Betula nana*, ймовірно, сприяє втраті вуглецю в ґрунті, тоді як навпаки може бути правдою, якщо кількість вічнозелених чагарників, таких як *Empetrum hermaphroditum*, збільшується. Азот мікробної біомаси негативно корелював з щільністю вічнозелених чагарників на обох ділянках, що вказує на те, що заростання чагарниками могло посилити конкуренцію за поживні речовини між рослинами та ґрунтовими мікроорганізмами [14].

Відображено перехід лісу *Pinus sylvestris* до ранніх сукцесійних широколистяних дерев. Сіянци та саджанці *Betula pendula* почали домінувати через 10 та 5 років після пожежі відповідно. Сіянци *Pinus sylvestris* показали подібну чисельність, як *Betula pendula* та *Populus tremula* через 5 років після пожежі, але після цього різко скоротилися. Ми виявили синхронізовані, але видові закономірності зниження чисельності сіянців та нарощування площі основи саджанців у ранніх сукцесійних широколистяних деревах. Саджанці *Fagus sylvatica*, *Picea abies* та *Pinus sylvestris* показали синхронізоване відновлення через 15 років після пожежі [15]. *Austrocedrus chilensis* та *Aristotelia chilensis* відіграють ключову роль у відновленні після пожеж, маючи найбільшу кількість насіння на всіх досліджуваних ділянках. Відновлення лісів

після порушення є глобальною проблемою, особливо в контексті масштабних лісових пожеж [16].

Використовуючи зразки ґрунту з 16-річних польових дослідів з потеплінням і додаванням підстилки, виміряно запаси С та N у ґрунті, гетеротрофне дихання, позаклітинну ферментну активність та мікробну стехіометрію. Потепління зменшило запаси С та N по всьому ґрунтовому профілю. Аналізи за глибиною показали, що ці зміни зумовлені збільшенням мікробної активності на глибині 5-10 та 10-15 см, а також тенденціями до вищого вмісту розчиненого органічного С та N на глибині 5-10 см. Встановлено, що додавання підстилки не змінило загальних запасів вуглецю та азоту, але цей процес змінює екосистему, додаючи поживні речовини та вуглецю до ґрунту [17]. Перегорілі ділянки продемонстрували адаптацію до вогню зі швидким поширенням кількох пірофільних родів мікроміцетів, здатних покращувати стан ґрунту, що сприяє післяпожежній регенерації насадження. Відносна чисельність ектомікоризних грибів зазнала негативного впливу горіння, тоді як сапротрофні гриби зазнали позитивного впливу горіння. Вогонь також мав вплив на склад угруповання при аналізі за трофічною групою [18].

Встановлено, що в 11 австралійських регіонах 17 основних родин рослинності сильно постраждали від вогню, а також 67-83% тропічних та евкالیптових лісів. На основі даних про поширення видів оцінено, що >50% відомих популяцій або ареалів 816 місцевих видів судинних рослин вигоріли під час пожеж, включаючи понад 100 видів з географічним ареалом понад 500 км. Дані про середовище існування та реагування на пожежі показують, що більшість постраждалих видів стійкі до вогню [19].

Пожежі знищили ~97 000 км² рослинності на півдні та сході Австралії, яка вважається середовищем існування 832 видів місцевої хребетної фауни. Сімдесят таксонів мали значну частку (>30%) постраждалих середовищ існування; 21 з них вже були внесені до списку таких, що знаходяться під загрозою зникнення [20].

Безпрецедентні у світі пожежі в Австралії 2019-2020 років знищили понад 10 мільйонів гектарів, що спонукало до значних інвестицій у моніторинг біорізноманіття. Зібрані дані включають реакції понад 2000 таксонів, що надає безпрецедентну можливість кількісно визначити, як пожежі впливають на біорізноманіття [21].

Шкала видового багатства Рабіновіца може забезпечити виявлення реакції рідкісних видів на різні аспекти режиму пожеж. Рідкісні види Рабіновіца реагували на частоту пожеж та виникнення короткого інтервалу пожеж, чого не виявлено за допомогою інших загальноновживаних категоризацій рідкості [22].

Встановлено велику кількість видів, які повільно відновлюються після пожеж у природних екосистемах (висока вразливість: 1243 види; середня вразливість: 2450 видів). Загалом 457 видів рослин, які зазнали впливу горіння (> 50%) у всьому ареалі, є дуже вразливими до пожеж (235 видів), хвороб (186 видів) або диких тварин (97 видів). З цих 457 видів 61 є вразливими до більш ніж однієї з цих трьох загроз, що підкреслює, як набір взаємодіючих небезпек може вплинути на відновлення рослин після пожежі [23].

Біорізноманіття має вирішальне значення для підтримки функціонування екосистем, і цей дефіцит даних заважає впровадженню ефективних практик для належного відновлення згорілих екосистем. Це обмеження можна подолати за допомогою майбутніх досліджень, які повинні зосередитися на різноманітності рослин та ґрунтової біоти після пожежі, шляхом аналізу чинників довкілля, які зумовлюють еволюційні тенденції після пожежі; вивчення їх взаємозв'язків у різних просторових та часових масштабах; визначення мінливості між пожежами різної тяжкості та частоти; встановлення реакції окремих видів рослин та ґрунтових таксонів на пожежу після пожежі з застосуванням або без застосування заходів щодо відновлення після пожежі [24].

1.2. Вплив зміни клімату на зростання кількості пожеж у природних екосистемах

Безумовно, що основним природним чинником виникнення та поширення пожеж у природних екосистемах є зміна клімату із щорічним зростанням температури довкілля. Клімат значною мірою визначає регіони, схильні до пожеж та їхній період. У науковій праці здійснено класифікацію регіонів відповідно до кліматичних характеристик їхнього сезону пожеж на чотири класи, в межах загальних бореальних, помірних, тропічних та посушливих кліматичних зон. На основі прогнозів кліматичних моделей оцінено модифікацію регіонів, схильних до пожеж, щодо їхньої протяжності та тривалості сезону пожеж наприкінці 21 століття. Виявлено, що через глобальне потепління площа світу з частими умовами, схильними до пожеж, збільшиться на 29%, переважно в бореальній (+111%) та помірній (+25%) зонах, де також може спостерігатися значне подовження потенційного сезону пожеж [25].

Скорочення площі пожеж у 2020 році порівняно з 2019 роком коливалося від -0,8% до 92% для країн Південної / Південно-Східної Азії, причому більшість пожеж спостерігалася в сільськогосподарських ландшафтах, ніж у лісах. Кілька ділянок у Пд./Пд.Сх. показали зменшення кількості пожеж у 2020 році пандемії порівняно з довгостроковими даними до пандемії 2012-2020 років. У дослідженні висвітлено варіації в пожежах та викидах, корисні для управління пожежами та їх пом'якшення [26].

У дослідженні використовували показники дистанційного зондування для оцінки інтенсивності пожеж та характеристик рослинності до пожежі у восьми досліджуваних районах, які нещодавно постраждали від великих та дуже сильних лісових пожеж за різних екологічних умов. Крім того, щоб врахувати атрибути пожежного режиму, ми отримали для кожної цільової лісової пожежі периметр минулих лісових пожеж, що сталися між 1985 і 2022 роками, та розрахували повторюваність пожеж, час з останньої пожежі (TSLF) та інтенсивність пожеж попередніх лісових пожеж (FSPW) [27].

Моделювання показує, що зміна клімату збільшила площу глобальних вигорань на 15,8% (95% довірчий інтервал (ДІ) [13,1-18,7]) за 2003-2019 роки та збільшила ймовірність місяців із площею глобальних вигорань вище середнього на 22% (95% ДІ [18-26]). Натомість, інші антропогенні впливи сприяли зменшенню площі вигорань на 19,1% (95% ДІ [21,9-15,8]) за той самий період. Більше того, внесок зміни клімату в площу вигорань збільшувався на 0,22% (95% ДІ [0,22-0,24]) на рік у світі, з найбільшим збільшенням у центральній Австралії [28].

Головним чином через потепління, ймовірність екстремальних пожеж, спричинених антропогенною зміною клімату, зростає на 5,2%/десятиліття у світовому масштабі протягом 2002-2015 років, що відповідає прискоренню зумовленого кліматом посилення екстремальних пожеж протягом останніх десятиліть, яке може продовжитися найближчим часом [29]. Численні чинники поширення посухи позитивно корелювали з щільністю лісових пожеж у національних парках Чіулу-Гілл та Цаво-Вест (Кенія). Крім того, дослідження показало, що на щільність осередків лісових пожеж впливає кількість опадів у попередньому році [30].

У дослідженні проаналізовано тенденції інтенсивності пожеж у світових екорегіонах з 2003 по 2023 рік, використовуючи нещодавно розроблений набір даних про глобальну інтенсивність пожеж з роздільною здатністю 30 м. Спостерігалось значне збільшення інтенсивності лісових пожеж у тропічних та субтропічних регіонах, тоді як у бореальних зонах спостерігалось зниження. Для екорегіонів, що демонструють значні тенденції, розроблено прогностичні моделі, використовуючи XGBoost та 14 кліматичних змінних з набору даних TerraClimate, щоб визначити ключові чинники. Аналіз підкреслив вплив регіональних кліматичних змін на динаміку лісових пожеж [31].

Зміни земного покриву та виникнення лісових пожеж (пожежі площею понад 0,3 км²) спостерігалися в муніципалітеті Тівісса (208,4 км²) (Каталонія, північний схід Іспанії) з 1956 по 1993 рік. Карти земного покриву були отримані з 1956, 1978 та 1993 років, і вони були накладені на карти виникнення

пожеж, отримані за період 1975-1995 років із знімків дистанційного зондування з роздільною здатністю 60 м, які дозволяють ідентифікувати вигорілі ділянки за раптовим падінням нормалізованого індексу різниці рослинності (NDVI). Пожежі частіше трапляються в лісистих, гомогенних районах, що збільшує гетерогенність ландшафту, як це спостерігалось в період 1978-1993 років [32].

Просторовий розподіл вигорілих ділянок у Гімалайському регіоні за останні 21 рік був досліджений та співвіднесений з кліматичними та ґрунтовими факторами в цьому дослідженні. Площа, уражена лісовими пожежами, показала пряму кореляцію з температурою поверхні землі, але зворотну залежність від вологості ґрунту, опадів до пожежі, нормалізованого індексу різниці рослинності до пожежі (NDVI) та індексу посиленої рослинності до пожежі (EVI). Значення r для 9 з 20 регіонів, на які було розділено досліджувану область для просторового аналізу, менше 0,05, що означає, що регресійна модель є статистично значущою. Аналіз трендів, проведений за допомогою тесту Манна-Кендалла та оцінки Тейля-Сена, визначає чіткі тенденції площі вигорілих порід та інших метеорологічних та ґрунтових параметрів у Західних, Центральних та Східних Гімалаях [33].

Екстремальні роки щодо пожеж в екосистемах зазвичай збігалися з екстремальними (1 раз на 15 років) індексами пожежної погоди (FWI) та характеризувалися чотири- та п'ятикратним збільшенням кількості великих пожеж і викидів вуглецю від пожеж відповідно порівняно з неекстремальними роками. Роки з такими екстремальними показниками FWI на 88-152% частіше трапляються на світових лісових землях за сучасного (2011-2040 рр.) клімату порівняно з квазідоіндустріальним (1851-1900 рр.) кліматом, з найбільш вираженим підвищеним ризиком у помірних та амазонських лісах. Результати показують, що антропогенна зміна клімату підвищує ймовірність екстремальних років пожеж, спричинених кліматом, у лісистих регіонах земної кулі, що вимагає активних заходів для пом'якшення ризиків та адаптації до екстремальних років пожеж [34]. У роботі зроблено висновки, що соціально-економічні чинники сприяли змінам земного покриву, що сприяли збільшенню

пожежної небезпеки за останні десятиліття, великі лісові пожежі стають все частішими, збільшення частоти пожеж сприяє утворенню однорідних ландшафтів, вкритих схильними до пожеж чагарниками; ландшафтне планування для зменшення кількості палива може бути успішним лише за умови, що пожежні погодні умови не є екстремальними [35].

Ефективність блискавки нелінійно (тобто квадратично) зростала протягом літа в екзоні Гірських Кордильєр і лінійно зменшувалася в Бореальних рівнинах і на Західному Бореальному щиті. Ефективність блискавки на Сході Бореального щита продемонструвала незначне зниження протягом літа; однак ця модель не була суттєвою. Моделі, що прогнозують виникнення пожеж, спричинених блискавкою, або інші подібні застосування, пов'язані зі спалахом блискавки, можуть мати переваги, враховуючи сезонну ефективність блискавки на додаток до традиційних змінних вологості палива [36].

Дослідили видове багатство, різноманітність та покрив пологоу рослин підліску через один-шість років після пожежі (2006-2009 та 2011) на 72 постійних ділянках. Ділянки, засіяні місцевою травою після пожежі, а не вирубані відновлювальними методами, мали найвище покриття пологом злакових видів: понад 30% через шість років після пожежі (у 2011 році), з низьким покриттям пологом та видовим багатством різнотрав'я (15%) та чагарників (1%). Для порівняння, ділянки з високим рівнем пожежі, на яких не проводилися відновлювальні вирубки, мали 3% покриття злаками, 14% різнотрав'ям та 26% чагарниками. Ділянки, на яких проводилися відновлювальні вирубки від одного до трьох років після пожежі, до 2011 року мали менший покрив пологоу чагарниками та різнотрав'ям, але втричі більший покрив злаків на ділянках з високим рівнем пожежі [37].

1.3. Лісові пожежі та їх еколого-техногенна небезпека

У наукових дослідженнях [38] представлено короткий огляд ключових досліджень, конкретних проблем лісових пожеж, з якими стикається кожна

країна ЄС та огляд значних нещодавніх пожеж. Ключові сприйняті проблеми включали відсутність послідовних та детальних записів про лісові пожежі всередині країн та між ними, збільшення кількості лісових пожеж, які становлять ризик для майна та людського життя через високу щільність населення та розростання лісових районів, та думку, що, незалежно від змін в управлінні, зміна клімату, ймовірно, збільшить частоту та вплив лісових пожеж у найближчі десятиліття. Управління гасінням лісових пожеж за низьких та помірних умов є критично важливим інструментом для вирішення зростаючої кризи, пов'язаної з ними [39].

У дослідженні ідентифіковано та кількісно визначено сотні органічних сполук, які викидаються від лісових пожеж на заході США, де переважають хвойні дерева, використовуючи два прилади двовимірної газової хроматографії в поєднанні з мас-спектрометрією (GC × GC-ToF-MS). Спостережувані коефіцієнти викидів представлені для чотирьох лісових пожеж. Дитерпени (включаючи смоляні кислоти) були найпоширенішими корпускулярними органічними сполуками, виявленими у зразках диму від лісових пожеж (в середньому становили 35%), ймовірно, через випаровування, зумовлене нагріванням. Аналогічно, монотерпени в газовій фазі були вищими у зразках диму від лісових пожеж, ніж у більшості зразків диму [40].

Леткі органічні сполуки, під час лісових пожеж на заході США, вимірювалися за допомогою додаткових приладів на борту C-130, включаючи мас-спектрометр (PTR-ToF-MS) та два методи на основі газової хроматографії. Вимірний середній (за акцію) загальний коефіцієнт викидів ЛОС становив $26,1 \pm 6,9$ г/кг, приблизно 67% з яких припадає на кисневмісні сполуки. 10 видів, що найбільше викидаються, внесли понад половину від загальної вимірної маси ЛОС. 76% від загальної маси викидів летких органічних сполук демонструють статистично значущу залежність від модифікованої ефективності згорання. Вклад масової частки окремих видів у загальний вимірний обсяг викидів має незначну мінливість у 24 пожежах на заході США [41].

Протягом літнього сезону 2019-2020 років у південно-східній Австралії сталися інтенсивні та географічно обширні лісові пожежі. Пожежі частково були спричинені зміною клімату, що робить особливо важливими оцінки викидів. Це пояснюється тим, що накопичення вуглекислого газу в атмосфері може дедалі більше залежати від зумовлених пожежами зворотних зв'язків між кліматом і вуглецем [42].

Лісові пожежі збільшують вплив диму на широкі верстви населення США, хоча працівники, які працюють на відкритому повітрі, та соціально незахищені групи з обмеженими адаптаційними можливостями можуть непропорційно зазнавати впливу диму. Вплив диму від лісових пожеж пов'язаний з низкою наслідків для здоров'я дітей та дорослих, включаючи загострення існуючих респіраторних захворювань, таких як астма та хронічна обструктивна хвороба легень, гірші результати пологів та серцево-судинні події [43]. Дослідження забруднення повітря у зоні впливу лісових пожеж та інших джерел горіння вказують на зв'язок із запаленням, оксидативним стресом, ендокринними порушеннями, пошкодженням ДНК, епігенетичними змінами, а також метаболічною, судинною та ендотеліальною дисрегуляцією в материнсько-плодовому комплексі. Ці зміни в біології плаценти сприяють несприятливим акушерським наслідкам, які непропорційно впливають на найбільш вразливі групи. Обмеження часу перебування на свіжому повітрі, носіння респіраторних масок та використання високоякісних повітряних фільтрів у приміщеннях під час лісових пожеж зменшують вплив пов'язаних з ними чинників навколишнього середовища та можуть пом'якшити захворювання [44]. Автори декларують, що для вирішення проблематики, необхідна участь громад з їхньою точкою зору в розробці стратегії запобігання та боротьби з лісовими пожежами. Комплексний підхід, що включає екологічні, економічні, соціальні, культурні та релігійні міркування, а також раціональні знання місцевого населення через консультативний процес, який має бути розглянутий повністю підзвітним департаментом, значною мірою допоможе впоратися з цією катастрофічною загрозою [45].

На більшості ділянок з низькою та помірною інтенсивністю пожеж >30% поверхні ґрунту було вкрито органічним матеріалом одразу після пожежі, а через рік покрив полог у підліску в середньому становив 10% або більше, що свідчить про низький ризик ерозії після пожежі [46].

У Середземномор'ї, одному з найбільш пожежонебезпечних середовищ у світі, щороку реєструється від 45 до 50 тис. лісових пожеж, що спричиняють порушення в лісових та лучних екосистемах. Як середземноморська країна, Хорватія стикається з цими проблемами, в середньому реєструючи понад 1000 лісових пожеж щорічно, причому в прибережних районах домінують лісові пожежі, а в континентальній Хорватії - пожежі на сільськогосподарських угіддях [47].

Кліматологію дефіциту тиску пари можна надійно використовувати для прогнозування ризику лісових пожеж за прогнозованих майбутніх кліматичних умов. Встановлено, що, за прогнозами, зміна клімату призведе до широкомасштабного збільшення ризику, причому до 2100 року, зростання викидів буде щонайменше на 30 додаткових днів вище критичних порогів для пожежної активності в лісових біомах на кожному континенті. Зростання ризику лісових пожеж загрожує катастрофічними втратами вуглецю в Амазонії та значними наслідками для здоров'я населення від диму від лісових пожеж у Південній Азії та Східній Африці [48].

Авторами декларується, що кількість опадів має найбільший відносний вплив на розвиток дерев (11,6-39,6%), далі йдуть прямий антропогенний тиск (29,8-36,8%), тепловий стрес (10,5-23,3%) та сезонність опадів (6,3-22,8%). Пожежі мають менший вплив (0,2-3,2%), ніж інші стреси, збільшуючись до 0,3-5,2% без урахування впливу людини. Виявлено потенційну вразливість лісів східної Амазонки та Індонезії до пожеж, зі втратою лісу до 2% при збільшенні площі вигорання на 1% [49].

Розглянуто загальний вплив пожеж на деревні угруповання та чинники на 29 ділянках, які зазнали багато десятилітніх змін у частоті пожеж в екосистемах савани та лісів у тропічних та помірних регіонах. Пожежі мали сильний

загальний вплив на деревні угруповання, при цьому середня частота пожеж (одна пожежа кожні три роки) зменшила щільність стовбурів на 48% та площу основи на 53% після 50 років порівняно з невипаленими ділянками. Найбільші зміни відбулися в екосистемах савани та на ділянках із сильними вологими або сильними сухими сезонами, що вказує на важливість вивчення характеру пожеж та видового складу [50].

Дослідження [51] надає переконливі докази того, що висока інтенсивність пожеж створює ґрунтові умови, несприятливі для регенерації саджанців дерев, тоді як низька інтенсивність температурного впливу сприяє розвитку ґрунтової біоти, яка стимулює ріст і потенційну регенерацію хвойних дерев. Специфічні реакції на абіотичні та біотичні характеристики ґрунту змінюються залежно від зміни інтенсивності пожежі. Це вказує на роль зворотних зв'язків рослина-ґрунт-мікроб щодо успішного приживлення, а також потенційно сукцесійним траєкторіям та домінуванню видів у бореальних лісах у майбутньому, оскільки пожежні режими стають дедалі суворішими через зміну клімату.

Дослідження відображає початкову оцінку взаємодії рослин і грибів після пожежі в умовах контрольованої камери росту для двох видів рослин, які, як очікується, поширяться в тундрі за майбутніх сценаріїв потепління та лісових пожеж. Встановлено, що біомаса розсади пов'язана зі складом грибів і що їх склад залежав від градієнта інтенсивності пожежі. Зменшення біомаси розсади в залежності від градієнта інтенсивності пожежі свідчить про те, що вплив інтенсивності пожежі на взаємодію рослин і грибів може знизити продуктивність розсади і приживлення [52].

Просторова структура природних та штучних насаджень сосни може впливати на поведінку пожеж у природних екосистемах, а зрештою і на виживання та поповнення наземного ярусу [53]. Використано наявність та щільність регенерації сосни жовтої, як показника розсіювання насіння, для кількісної оцінки впливу абіотичних чинників на розсіювання насіння на перегорілі лісові ділянки. Встановлено 45 трансектів у ділянках вигорання у Національному лісі Гіла, Нью-Мексико, США, щоб виміряти щільність

регенерації в районах, які відрізнялися за експозицією, схилом та переважаючим напрямком вітру відносно незайманого лісу. Наявність та щільність регенерації змінювалася залежно від взаємодії між абіотичними чинниками та відстанню до первинного джерела насіння, що визначається характеристиками ділянки [54].

У липні 2012 року внаслідок удару блискавки в горах Ларамі, штат Вайомінг, виникла пожежа Арапахо, яка спалила приблизно 39 700 га. Ця пожежа високої інтенсивності призвела до 95% загибелі сосни жовтої (*Pinus ponderosa* P. & C. Lawson). Встановлено, що ручна посадка саджанців сосни жовтої є ефективним способом відновлення насаджень сосни жовтої через 3 роки після сильної лісової пожежі в напівпосушливих та середньогірських ділянках у північних скелястих горах [55].

У лісах, де домінує сосна жовта (*Pinus ponderosa* Lawson & C. Lawson), змінюються режими пожеж, що викликає занепокоєння щодо майбутніх структур рослинності та стійкості лісів, особливо на ділянках із високою частотою. На південному заході США спостерігалось помітне збільшення кількості великих пожеж, які утворюють великі площі з малою кількістю дерев, які вижили. Встановлено, що на регенерацію сосни жовтої вплинули ксерофітні умови та конкуренція рослинності. Тривалі теплі та сухі умови і посилені активність лісових пожеж можуть затримати природне відновлення лісів сосни жовтої [56].

Вивчали закономірності регенерації сосни жовтої після восьми пожеж в Аризоні та Нью-Мексико, США, які горіли в сухих хвойних лісах, де переважала жовта сосна, протягом нещодавнього 18-річного періоду регіональної посухи, з 1996 по 2013 рік. З огляду на високу ймовірність подальшого збільшення розмірів та частоти пожеж високої інтенсивності на південному заході США, слід очікувати постійної зміни типу лісу на великих ділянках нині вкритих лісом територій. Ці зміни в типі покриву призведуть до складних змін ландшафту, деякі з яких не будуть оборотними [57].

Відносна важливість видів пірофітів (*Quercus* spp. та *Pinus* spp.) позитивно корелювала з інтенсивністю пожеж, виміряною на місцях, тоді як мезофіти (*Acer rubrum*, *Betula lenta*) демонстрували слабший негативний зв'язок. Через 12 років вища інтенсивність пожеж призвела до більшого поповнення пірофітів середнього ярусу; однак це спостерігалось лише для жовтих сосен (*P. echinata* Mill., *P. rigida* Mill., *P. virginiana* Mill.) та пірофітів, що не належать до дубово-соснових. Поповнення середнього ярусу дубів та мезофітів не виявило зв'язку з інтенсивністю пожеж. Збільшення інтенсивності пожеж значно збільшило присутність інвазивних видів, зокрема *Miscanthus sinensis* Andersson [58].

Пожежа в Леру 2001 року охопила ландшафт з уже існуючими постійними ділянками протягом одного з найекстремальніших періодів посухи за останні кілька десятиліть, що надало рідкісну можливість оцінити взаємодію лісових пожеж та посухи. Гибель (втрата дерев на 68%) та скорочення площі на 39% протягом 15-річного дослідження, а також хаотичне відновлення осики і хвойних порід, призвели до безлісових умов та ізольованих осикових насаджень. Хоча пожежа Леру була невеликою за розміром, вона стала прикладом триваючих змін лісових угруповань після пожежі, зумовлених підвищенням температури та посухою [59].

Оцінено регенерацію рослинності та дерев у насадженнях сосни ложеподібної Сьєрра (*Pinus contorta* var. *murrayana*) після лісової пожежі 1984 року, яка горіла зі змінною інтенсивністю та після пожежі з високою інтенсивністю у 2012 році. Встановлено, що пожежа низької та помірної інтенсивності підвищує стійкість лісу порівняно з пожежею високої інтенсивності, навіть коли наступна пожежа горить з високою інтенсивністю [60].

1.4. Пожежі у природних екосистемах Закарпатської низовини

Із початку 2026 року в Україні зафіксовано 2547 пожеж у природних екосистемах, які знищили понад 93 тисячі гектарів землі. Основною причиною є людська недбалість та спалювання сухостою, особливо у Львівській, Київській та Дніпропетровській областях. За підпали на відкритому просторі передбачено штрафи від 3060 до 12240 грн.

Окрім небезпечних продуктів горіння від спалювання сухої трави, рослинних та порубкових решток існує небезпека потрапляння в атмосферу небезпечних токсичних речовин внаслідок горіння побутових відходів із вмістом пластику [61]. Горіння полімерних відходів спричиняє потрапляння в довкілля таких небезпечних речовин як діоксини, синильна кислота, чадний газ тощо [62]. Чадний газ викликає гостре кисневе голодування, синильна кислота миттєво блокує клітинне дихання, а діоксини - стійкі отрути, що накопичуються, руйнуючи імунну та гормональну системи. Всі три речовини можуть призвести до важких отруєнь або смерті [63, 64]. Значною небезпекою для довкілля є горіння породних відвалів вугільних шахт [65, 66]. Слід зазначити, що для гасіння пожеж у природних екосистемах необхідно задіювати велику кількість сил і засобів, особливо у місцях із відсутніми вододжерелами.

Дослідження екологічного стану територій природних екосистем, які зазнали впливу пожеж проводилися на території Ужгородського району. Встановлено, що за останні роки внаслідок зміни клімату зросла кількість пожеж від природного чинника [67, 68].

Упродовж 2025 року в Україні було зареєстровано 99298 пожеж. Порівняно з 2024 роком кількість пожеж зменшилася на 5,6 %, що відбулося, насамперед, за рахунок зменшення кількості пожеж на відкритих територіях (-9,1 %) та у будинках та спорудах житлового призначення (-9,0 %), питома вага яких разом становить 86,0 % від їх загальної кількості. Унаслідок пожеж

загинуло 1725 людей, у тому числі загинуло 52 дитини; 2129 людей отримали травми, у тому числі травмовано 158 дітей [69].

У 2025 році в Україні зафіксували 61865 пожеж у природних екосистемах та на відкритих територіях. Загальні матеріальні втрати від цих пожеж у 2025 році склали понад 2,1 млрд грн. Із цієї суми близько 408 млн грн — це знищене майно, інфраструктура, техніка тощо. Ще в понад 1,7 млрд грн оцінюються шкода довкіллю, наслідки для здоров'я людей та економіки. Ці показники не враховують окуповані території [70]. Упродовж 2025 року внаслідок пожеж на відкритих територіях загинуло 73 людини та 200 людей отримали травми. У 2024 році загинуло 42 людини і 191 людина отримала травми. На рисунку 1.2 наведено ранжування регіонів України за кількістю пожеж на відкритих територіях у 2025 році порівняно з 2024 роком [69].

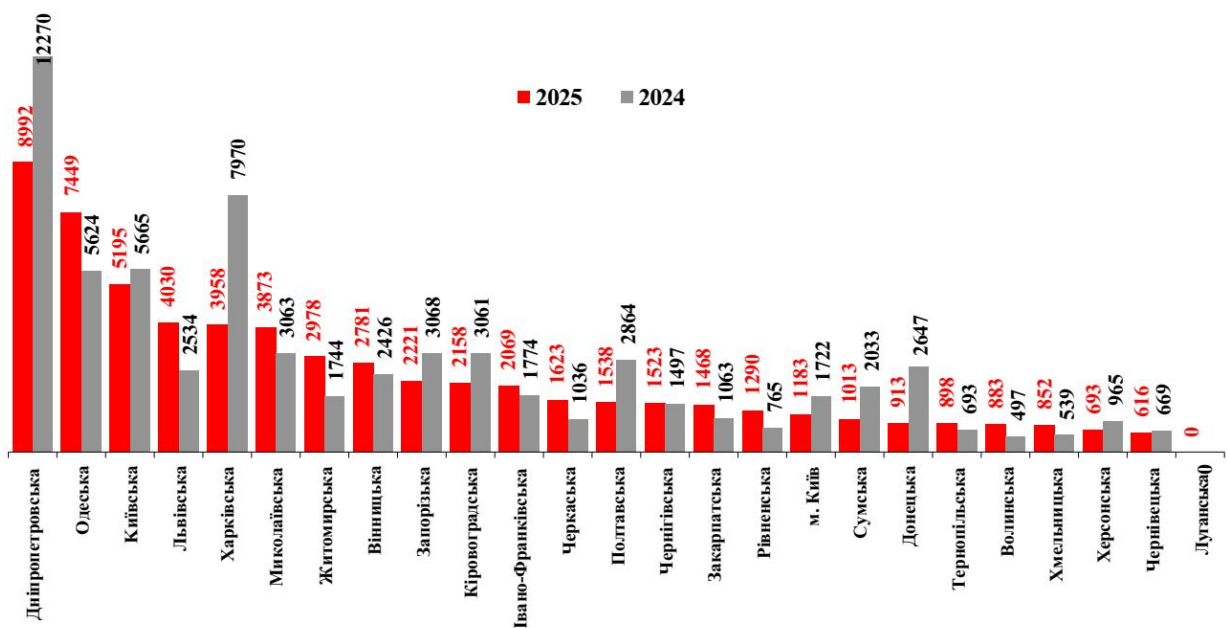


Рисунок 1.2 - Ранжування регіонів України за кількістю пожеж на відкритих територіях у 2025 році порівняно з 2024 роком

В Україні в середньому щорічно виникає близько 3500 лісових пожеж, в результаті яких вигорає понад 5000 га лісу. У 2022 році кількість пожеж в Україні була в 1,5 рази більше порівняно з 2021 роком, а збитки становили 438,9 млн. грн. У понад 200 випадках площа пожеж займала більше ніж 5 га.

Основними причинами пожеж (62 %) були загоряння в насадженнях через активні бойові дії, ракетні обстріли та снарядами, наявність вибухонебезпечних предметів [70]. За даними [71] основними причинами виникнення пожеж у природних екосистемах є: необережне поводження з вогнем; порушення правил пожежної безпеки; вибухи різного роду боєприпасів; підпали; невстановлені причини; пустоші дітей з вогнем. Із настанням бойових дій причинами виникнення пожеж у природних екосистемах стали обстріли окупантів. Значна кількість пожеж, зареєстрованих підрозділами територіальних органів ДСНС України, пов'язана саме з веденням бойових дій російськими військами на території України, які призводять до потрапляння боєприпасів та їх уламків в природні екосистеми, що спричиняє підпали різної інтенсивності [71]. Слід зазначити, що значний екологічний пресинг на довкілля становлять пожежі породних відвалів вугільних шахт, сміттєзвалищ та полігонів побутових відходів [62]. Горіння сміттєзвалищ та полігонів побутових відходів спричиняють надходження в атмосферу небезпечних хімічних сполук, продуктів неповного розпаду, пилу [61].

Для взаємодії під час гасіння пожеж в природних екосистемах на прикордонній території України та Польщі доцільно задіювати пожежно-рятувальні підрозділи, які розташовані в першій та другій лініях поблизу кордону Яворівського, Львівського, Самбірського та Сокальського районів Львівської області, а також Хелмського, Грубешовського та Томашувського повітів Люблінського воєводства, Бещадського, Пшемишльського, Ярославського та Любашувського повітів Підкарпатського воєводства [73]. Особливості залучення рятувальників для гасіння пожеж у природних екосистемах Львівської області наведено в дослідженнях [74]. Розрахунок розташування пожежно-рятувальних підрозділів для гасіння пожеж у природних екосистемах відображено у роботі [75]. Статистика пожеж у природних екосистемах у 2024-2025 роках наведено у табл. 1.1.

Таблиця 1.1 - Статистика пожеж у природних екосистемах у 2024-2025 роках

№	Область	2024	2025	з них внаслідок обстрілів
1	Вінницька	2098	2277	0
2	Волинська	426	855	4
3	Дніпропетровська	42	0	0
4	Донецька	2787	1003	281
5	Житомирська	1820	2779	28
6	Закарпатська	825	1426	0
7	Запорізька	2512	1815	227
8	Івано-Франківська	1961	1785	1
9	Київська	4598	5241	192
10	Кіровоградська	2855	2003	17
11	Луганська	-	-	-
12	Львівська	1821	3406	2
13	Миколаївська	2698	3481	74
14	Одеська	5226	6919	67
15	Полтавська	2162	1477	44
16	Рівненська	660	1237	4
17	Сумська	1657	931	78
18	Тернопільська	552	886	0
19	Харківська	6774	3718	377
20	Херсонська	639	324	61
21	Хмельницька	508	728	2
22	Черкаська	767	1421	50
23	Чернівецька	394	474	0
24	Чернігівська	1452	1334	38
25	м. Київ	350	315	1
	ВСЬОГО	45584	45835	1548

З початку 2026 року (станом на 00:00 24 квітня) підрозділи оперативно-

рятувальної служби Закарпатської області ліквідували 889 пожеж в екосистемах краю. Загальна площа знищеної сухої трави, чагарників і сміття становить 618 га. За даними ГУ ДСНС України в Закарпатській області, більшість таких загорянь стається через людську необережність або навмисне спалювання сухої трави та рослинності. Щодня рятувальники десятки разів виїжджають на ліквідацію подібних пожеж. Суха трава спалахує миттєво, а вітер за лічені хвилини здатен перетворити невелике займання на масштабну пожежу, що загрожує природі, майну й життю людей. «Зупиніться, перш ніж підпалити - природа не відновлюється за один день» - закликають рятувальники області. Загалом офіцери-рятувальники громади, поліцейські, екологи та лісівники Закарпатської області проводять спільні рейди та аеромоніторинг для контролю за станом природних екосистем і запобігання пожежам. Наразі за статтею 77-1 КУпАП за випалювання сухої трави до відповідальності притягнуто 42 особи [76].

Підрозділами Головного управління ДСНС України в Закарпатській області впродовж 5 років зареєстровано 6608 пожеж в природних екосистемах (табл. 1.2). Кількість пожеж протягом 2019-2023 р.р. значно зменшилася, на що вказує відсоток тенденції спаду - 78,28%. Внаслідок пожеж в екосистемах з 2019 року загинуло 12 осіб та 13 травмовано. Матеріальні втрати від пожеж склали 1 974,869 тис. грн (із них прямі збитки становлять 410,287 тис. грн, побічні - 1 564,582 тис. грн). Щороку в Закарпатській області, в середньому, виникало 1321,6 пожеж. Матеріальні втрати від однієї пожежі в екосистемі склали 300 тис. гривень.

Таблиця 1.2 - Статистика пожеж у природних екосистемах за 2019-2023 рр.

№ з/п	Назва показника	2019 рік	2020 рік	2021 рік	2022 рік	2023 рік	Тенденція росту/спаду, %
1.	Кількість пожеж	1672	957	951	2665	363	-78,28

2.	Збитки прямі, тис. грн	110,995	75,187	78,881	97,379	47,845	-56,89
3.	Збитки побічні, тис. грн	311,306	365,042	215,555	369,487	303,192	-2,6
4.	Загинуло людей внаслідок пожежі	-	2	1	9	-	0
5.	Травмовано людей внаслідок пожежі	-	2	2	7	2	0
6.	Пожежі в лісах	52	70	5	61	2	-96,15

Найбільший середній показник кількості пожеж припадає на Ужгородський район - 509,6 пожеж в екосистемах на рік та найменший на Рахівський район - 48,4 пожежі (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 - Кількість пожеж в природних екосистемах у районах

№ з/п	Назва показника	2019 рік	2020 рік	2021 рік	2022 рік	2023 рік	Тенденція росту/спаду, %
1.	Ужгородський район	691	319	395	1013	130	-81,2
2.	Мукачівський район	399	254	252	560	88	-77,94

3.	Берегівський район	272	92	106	435	41	-84,93
4.	Хустський район	205	158	123	366	51	-75,12
5.	Тячівський район	75	53	55	220	44	-40,54
6.	Рахівський район	30	31	20	71	9	-70

Серед пожеж в екосистемах мають місце і пожежі в лісах, кількість яких значно зменшилася з 2019 року - на 96,15% (табл. 1.4).

Таблиця 1.4 - Кількість пожеж в лісах у районах

№ з\п	Назва показника	2019 рік	2020 рік	2021 рік	2022 рік	2023 рік	Тенденція росту/спаду, %
1.	Ужгородський район	18	4	2	23	0	-100
2.	Мукачівський район	24	44	0	10	0	-100
3.	Берегівський район	0	0	1	10	0	0
4.	Хустський район	5	11	2	5	1	-80
5.	Тячівський район	1	2	0	6	1	0
6.	Рахівський район	4	4	0	7	0	-100

01.04.2024 о 14 год. 58 хв. до ОКЦ надійшло повідомлення про загорання лісової підстилки та залишків рубки дерев в лісовій місцевості, за адресою: Рахівський р-н., територія Лазещинського лісництва Ясінянського ЛМГ, (квартал №3, виділ № 13 та виділ №16), поблизу ур. Стебний смт. Ясіня. Пожежею знищено лісову підстилку на площі 4.9 га. Загалом до гасіння пожежі залучались 125 чол. та 17 од. тех., а саме: від лісового господарства 45 чол. працівників, 2 од. тех. (1 трактор) Від ГУ ДСНС у Закарпатській області 66 чол.

о/с та 11 од. тех., 2 БПЛА. Від ГУ ДСНС у Івано-Франківській області 14 чол. о/с та 4 од. тех., 1 БПЛА.

27.07.2024 о 14 год. 50 хв. загорання сухої трави на відкритій території, за адресою: Хустський р-н, Міжгірська ТГ, г. Кук. Пожежею знищено суху траву на відкритій території на площі 20 м.кв., на території Майданського лісництва філії Міжгірського лісового господарства. Причина пожежі та збитки встановлюються. До гасіння залучались 1 АЦ 18 ДПРЧ м.Виноградів та 1 АЦ МПК с. Підвиноградів.

01.09.2024 о 16 год. 10 хв. загорання сухої трави та чагарників на відкритій території, за адресою: Хустський район, Міжгірська ТГ, с. Майдан, вул. Головна, б/н. на території Майданського лісництва філії Міжгірського лісового господарства Пожежею знищено суху траву та чагарники на площі 0,001 Га. Причина пожежі та збитки встановлюються. До гасіння залучались 1 АЦ 16 ДПРЧ смт. Міжгір'я.

07.09.2024 о 14 год. 58 хв. загорання лісової підстилки на території Рахівського лісового господарства «Карпатській лісовий офіс 1 квартал, 42 виділ, за адресою: Рахівський р-н, Богданська ТГ, с. Луги. Пожежею знищено лісову підстилку на площі 2 Га. Причина пожежі та збитки встановлюються. До гасіння залучались 1 АЦ 2 ДПРЧ м. Рахів, 1 АЦ МПК с. Видричка та 70 працівників ДП «Рахівського ЛДГ».

04.11.2024 о 19 год. 00 хв. загорання лісової підстилки на території Тарасівського лісництва, Мокрянського ЛМГ орієнтовно на площі 0,5 Га, за адресою: Тячівський район, с. Широкий Луг. Залучено 15 чол. лісників. Підрозділи ДСНС не залучалися.

Загалом, подібні випадки пожеж внаслідок необережності при спалюванні сухої трави чи горючого сміття, розведення багать біля та безпосередньо в лісових масивах, на підприємствах стаються майже щодня. Факти загорянь чагарників та сухої трави несуть значну загрозу розповсюдження пожеж на лісові масиви, забруднення довкілля. Крім цього, в результаті відсутності надійних джерел водопостачання, доріг та під'їздів до місць гасіння пожеж

вони призводять до значних матеріальних затрат підрозділів Державної служби України з надзвичайних ситуацій.

Встановлено, що середньовіковий буковий деревостан на четвертий рік після низової пожежі за санітарним станом є всихаючим, а за ступенем деградації фотосинтетичного апарату – "дуже ушкодженим". Під його наметом сформувалося значна кількість самосіву і під-росту, який представлений 2-3- річками, належить до висотних груп ≤ 25 см та 26-50 см, характеризується інтенсивним приростом і відповідає складу материнського деревостану. Для трав'яно-чагарникового ярусу характерна висока рясність видів, на відміну від лісостанів, не пошкоджених пожежею, що свідчить про істотну зміну умов. 2. На відміну від середньовікового букового деревостану, низова пожежа не так істотно пошкодила буковий праліс: деревостан на п'ятий рік після низової пожежі за санітарним станом є ослабленим, а за ступенем деградації фотосинтетичного апарату – "слабо ушкодженим". Під його наметом сформувалося значна кількість самосіву і підросту, який представлений 3-4-річками, належить до висотних груп ≤ 25 см і відповідає складу материнського деревостану. Частка підросту, яку віднесено до групи старше 7 років, є незначною. Трав'яно-чагарниковий ярус не відновився: поодинокі трапляються окремі види [77].

1.5. Основні напрями прикладних наукових досліджень пожеж у природних екосистемах

Для аналізу, вибору відповідних стратегій, застосування методів управління, моніторингу впровадження та забезпечення постійного вдосконалення з метою зменшення вразливості та підтримки стійкості необхідне застосування існуючих досліджень до управління лісовими пожежами в усьому світі, а також подальші дослідження за потреби. Цей підхід називається «інтегрованим управлінням пожежами» і є особливо цінним для країн, що розвиваються [78]. Моделі глибинного навчання перевершують

традиційні методи, що підтверджує їхню ефективність та потенціал у виявленні, картографуванні та прогнозуванні лісових пожеж з використанням супутникових даних, включаючи численні чинники, які впливають на пожежу, такі як рослинність, топографія, погода та історичні дані про пожежі. Наприклад, FireCNN та FCN продемонстрували результати щодо виявлення лісових пожеж, досягнувши точності 99,9% та 99,5% відповідно. Для завдання виявлення лісових пожеж Burnt-Net продемонстрував високу продуктивність з точністю 98,08%. У завданні виявлення сприйнятливості до лісових пожеж 2D/3D CNN досяг точності 96,48%. Крім того, FU-NetCastV2 також показав результат з точністю 94,6% в оцінці поширення лісових пожеж [79].

Запропоновано деякі покращення в сучасних знаннях про рослинність та екологію лісових пожеж, спрямовані на створення більш реалістичних моделей та ефективного планування для підтримки управління пожежами в басейні Середземного моря [80].

Моделювання розвитку пожеж у природних екосистемах наведено у науковій праці [81]. Встановлено, як рівномірно розподілялася площа горіння, обчислюючи криві Лоренца для площі, що вигоріла за різних сценаріїв гасіння.

Щоб кількісно оцінити взаємодію між динамікою рослинності, пожежами, змінами земного покриву та пожежогасінням, поєднали дві просторово чіткі моделі: ландшафтну динамічну модель пожежної сукцесії та модель зміни земного покриву. При застосуванні до середземноморського регіону Каталонії (північний схід Іспанії) нові ландшафтні мозаїки сприяли здатності до гасіння пожеж лише після 15 років (в середньому) трансформацій. Для зменшення загальної площі пожеж було потрібно перетворення сільськогосподарських угідь на площі щонайменше 100 км² /рік [82].

У дослідженні описано ключові зміни ландшафтних моделей та процесів, спричинені сукупністю впливів на управління екосистемами. Широко поширена вибіркова вирубка найбільшої та найстарішої жовтої сосни та дугласії у 20 столітті зменшила значну частину економічних можливостей та

знадобляться довгострокові інвестиції, якщо буде зроблено спробу провести масштабні заходи з відновлення [83].

Автори [84] декларують, що дослідження, які оцінюють вплив пожеж на гідрологічні потоки повинні: (1) включати функціональні індикатори, (2) зосереджуватися на недостатньо представлених регіонах та біомах, (3) досліджувати планові пожежі, (4) намагатися впроваджувати дизайни ВАСІ для розмежування наслідків пожежі від природної мінливості, (5) оцінювати наслідки різних методів управління прибережними лісами та запрограмованих стратегій випалювання, (6) розуміти, як наслідки в малих потоках поширюються на більші річки нижче за течією (накопичення проти розсіювання наслідків), (7) чітко та послідовно повідомляти про такі чинники, як інтенсивність пожежі, тип згорілої рослинності та характер опадів після пожежі.

З метою виявлення глобальних наукових досягнень, що стали можливими завдяки зміні парадигми в управлінні пожежами в дикій природі, проведено систематичний огляд публікацій: (1) обрали заповідні території для дослідження через активний пожежний режим, що став можливим завдяки управлінню пожежами в дикій природі; (2) вивчали сучасні пожежі або пожежні режими, в дикій природі; (3) проводили прикладні дослідження для підтримки управління пожежами в дикій природі. Основними темами публікацій були наслідки пожеж (44%), управління пожежами в дикій природі (18%), режими пожеж (17%), а дослідження, як правило, зосереджувалися на рослинності, порушеннях або управлінні дикою природою [85].

У статті наведено чотири методології для оцінки та порівняння ефективності інгібіторів горіння у різних тактичних застосуваннях, включаючи довговічність та ефективність сповільнювачів на різній глибині нанесення. Представлено методології оцінки для двох комерційно доступних інгібіторів та води, які демонструють низьку мінливість та послідовні, надійні результати [86].

Прогнози якості повітря та кліматичні моделі наразі не враховують зміни у складі викидів від лісових пожеж під час переходу від полум'яного до тліючого горіння. Лабораторні вимірювання постійно показують зменшення вмісту NO₂ відносно CO з часом, коли вони переходили від більш полум'яного до тліючого горіння, тоді як вміст формальдегіду (НСНО) відносно CO залишався постійним [87].

Висновки до Розділу 1

Пожежі у природних екосистемах із кожним роком набувають все більше глобального характеру як в Україні, так і світовому аспекті. У 2025 році в Україні зафіксували 61865 пожеж у природних екосистемах та на відкритих територіях. Загальні матеріальні втрати від цих пожеж у 2025 році склали понад 2,1 млрд грн. Із цієї суми близько 408 млн грн — це знищене майно, інфраструктура, техніка тощо. Ще в понад 1,7 млрд грн оцінюються шкода довкіллю, наслідки для здоров'я людей та економіки. Ці показники не враховують окуповані території. Упродовж 2025 року внаслідок пожеж на відкритих територіях загинуло 73 людини та 200 людей отримали травми. У 2024 році загинуло 42 людини і 191 людина отримала травми.

Основним природним чинником виникнення та поширення пожеж у природних екосистемах є зміна клімату із щорічним зростанням температури довкілля. Клімат значною мірою визначає регіони, схильні до пожеж та їхній період.

Загалом в Україні однією із основних причин виникнення пожеж у природних екосистемах є артилерійські, мінометні та бомбові обстріли лісових масивів внаслідок бойових дій.

Результати досліджень **Розділу 1** опубліковано у наукових працях [138, 139].

РОЗДІЛ 2. ПРОГРАМА, ОБ'ЄКТИ, МЕТОДИ, ПРИЛАДИ ТА МАТЕРІАЛИ ДОСЛІДЖЕНЬ. ХАРАКТЕРИСТИКА ДОСЛІДЖУВАНИХ ДІЛЯНОК

2.1. Програма досліджень

Дослідження проводилися на території Карпатського лісогосподарського району. Впродовж останніх років на цій території виникають значні пожежі у природних екосистемах (лісові, на відкритому просторі, у межах заповідних зон тощо). Закарпатська область знаходиться в межах двох великих фізико-географічних одиниць - Карпатської гірської (4/5 території) та Закарпатської низовинної. Якщо природні умови останньої (рельєф, клімат, ґрунтово-рослинний покрив тощо) майже всюди сприятливі для господарського освоєння людиною, то в Карпатах найкращі умови для цього мають міжгірні улоговини, рівнини, долини рік, пологі схили і частково низькогір'я. Саме антропогенний чинник викликаний людиною є основною причиною виникнення пожеж в природних екосистемах на цій території.

Програмою досліджень екологічних наслідків і впливу пожеж на довкілля та фітомеліоративного відновлення, у відповідності до завдань, передбачалося:

- встановити видовий склад трав'яної та дерево-чагарникової рослинності в межах досліджуваного регіону, а також видовий склад пірогенної сукцесії;
- встановити екологічні закономірності розвитку рослинності на постпірогенних територіях;
- дослідити вплив високих температур на фізико-хімічні показники едафтопів та відновлення ґрунтів у післяпожежний період;
- дослідити вплив пожеж у природних екосистемах на деревні породи, які розвиваються у досліджуваному регіоні;
- встановити температури займання та самозаймання деревних порід, види яких піддаються періодичним вигоранням внаслідок пожеж;

- встановити склад продуктів горіння трав'янистої рослинності;
- встановити склад продуктів горіння деревної рослинності;
- встановити видовий склад та здійснити математичне моделювання фітомеліоративних процесів на постпірогенних територіях.

2.2. Об'єкти, методи, прилади та матеріали досліджень

Об'єкт дослідження - пожежі у природних екосистемах в умовах зміни клімату.

Предмет дослідження - чинники, процеси розвитку, температурні режими та вплив пожеж на екологічний стан екотопу, фітомеліоративні процеси у межах Закарпатської низовини.

Методи досліджень: експериментального визначення температури займання твердих речовин і матеріалів; експериментального визначення температури самозаймання твердих речовин і матеріалів; експериментальні методи дослідження пожеж в природних екосистемах; методи визначення метеорологічних показників в польових умовах; методи статистичного, кластерного, регресійного аналізу та математичної обробки результатів досліджень; статистичні методи обробки отриманих результатів досліджень.

Експериментальне визначення температури займання твердих речовин і матеріалів та експериментальне визначення температури самозаймання твердих речовин і матеріалів здійснювалися у Науково-дослідній лабораторії пожежної безпеки Львівського державного університету безпеки життєдіяльності.

Для встановлення температур займання та самозаймання були відібрані зразки матеріалів рослинного походження з ділянок пожеж у природних екосистемах Закарпатської низовини. Зразки трав'яних рослин: *Tanacetum vulgare* L., *Chenopodium album* L., *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth., *Bellis perennis* L. Зразки дерев:

- *Populus tremula* L. - 1 (сухостій) - зрізи: 20 см, 70 см, 120 см, 170 см, 220 см;
- *Populus tremula* L. - 2 (із слідами обпалення) - зрізи: 20 см, 70 см, 120 см, 170

см, 220 см;

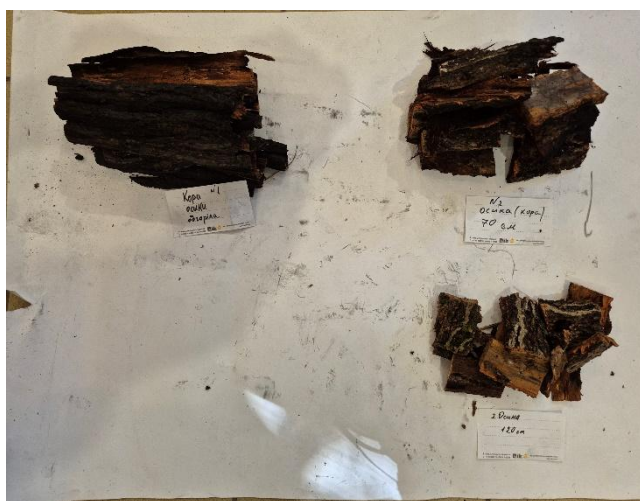
- кора *Populus tremula* L. - 1 (обгоріла);
- кора *Populus tremula* L. 2 (жива) - зрізи: 70 см, 120 см;
- *Betula pendula* Roth.: - зрізи: 20 см, 70 см, 120 см, 170 см, 220 см;
- *Prunus avium*: (із слідами обпалення) - зрізи: 20 см, 70 см, 120 см, 170 см, 220 см;
- *Robinia pseudoacacia* L.: листя, деревина гілок (рис. 2.1).



а) Зразки зрізів *Populus tremula* L.-1
(сухостій)



б) Зразки зрізів *Populus tremula* L.-2
(жива)



в) Кора *Populus tremula* L.



г) Зразки зрізів дерева *Betula pendula*
Roth.



д) Зразки зрізів *Prunus avium*

е) *Tanacetum vulgare* L., *Chenopodium album* L., *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth., *Bellis perennis* L., листя *Populus tremula* L.

Рисунок 2.1 - Зразки рослинних матеріалів визначення температур займання та самозаймання

Метод експериментального визначення температури займання твердих речовин і матеріалів. Нормативний документ - ДСТУ 8829:2019 “Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їх визначення. Класифікація”. Для випробування готують 10-15 зразків досліджуваної речовини (матеріалу) масою $(3,0 \pm 0,1)$ гр. Зразки матеріалів повинні мати циліндричну форму діаметром (45 ± 1) мм. Плівкові і листові матеріали набирають у стопку діаметром (45 ± 1) мм, накладаючи шари один на одного до досягнення зазначеної маси. Якщо при температурі випробування зразок займається, то випробування припиняють. Якщо протягом 20 хв зразок не займається, або раніше цього часу цілком припиниться димовидалення, то випробування припиняють і в протоколі відзначають відмовлення.

За температуру займання приймають покази термоелектричного перетворювача, що вимірює температуру зразка. Методом послідовних

наближень визначають мінімальну температуру зразка, при якій за час витримки в печі не більше 20 хв зразок займається і буде горіти більше 5 с після віддалення пальника, а при температурі на 10 °С менше займання відсутнє.

За температуру займання досліджуваної речовини (матеріалу) приймають середнє арифметичне двох температур, що відрізняються не більше ніж на 10 °С, при одній з яких спостерігається займання 3 зразків, а при іншій - три відмовлення. Отримане значення температури округляють з точністю до 5 °С (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 - Характеристика вимірювальних приладів

№ п/п	Найменування приладу чи пристрою	Заводський номер	Границя вимірювання	Клас точності або похибка вимірювання
1	Установка ОТП	0614	Від 20 до 600 °С	-
2	Регулятор вимірювач РТ 0102	10.354	Від 0 до 1200 °С	± 2 °С
3	Термопара ТХА	6	Від 0 до 1200 °С	
4	Секундомір СОП	8625	Від 0 до 3600 с	Клас точн. 2
5	Ваги ВТУ 210/ С3	1826	Від 0 до 210 г	Клас точн. 3

Метод експериментального визначення температури самозаймання твердих речовин і матеріалів. Нормативний документ - ДСТУ 8829:2019 “Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їх визначення. Класифікація”. Метод реалізується в діапазоні

температур від 25°C до 600 °С. Для випробування готують 10-15 зразків досліджуваної речовини (матеріалу) масою $(3,0 \pm 0,1)$ гр. Зразки матеріалів повинні мати циліндричну форму діаметром (45 ± 1) мм. Плівкові і листові матеріали набирають у стопку діаметром (45 ± 1) мм, накладаючи шари один на одного до досягнення зазначеної маси.

Методом послідовних наближень визначають мінімальну температуру робочої камери, при якій взірець самозаймається і горить більше 5 с, а при температурі на 10 °С менше - спостерігається відмова. За температуру самозаймання досліджуваної речовини (матеріалу) приймають середнє арифметичне двох температур, що відрізняються не більше ніж на 10 °С, при одній з яких спостерігається самозаймання 3 зразків, а при іншій - три відмови. Отримане значення температури самозаймання округлюють з точністю до 5 °С (табл. 2.2, рис. 2.2).

Таблиця 2.2 - Характеристика вимірювальних приладів

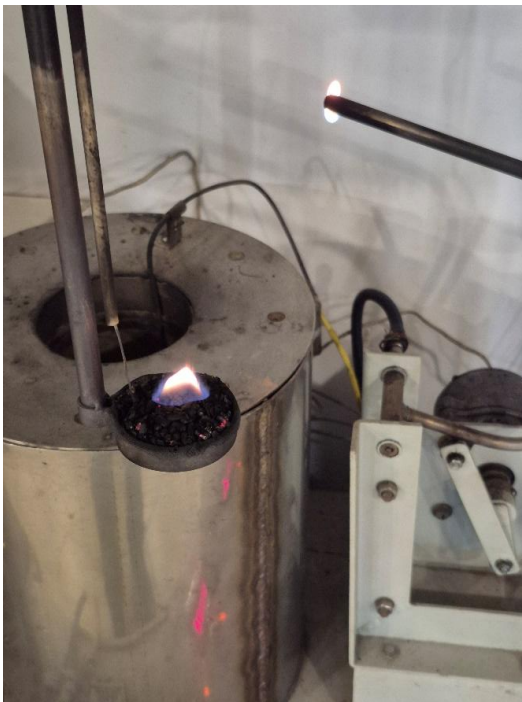
№ п/п	Найменування приладу чи пристрою	Заводський номер	Границя вимірювання	Клас точності або похибка вимірювання
1	Установка ОТП	б/н	Від 25 до 600 °С	-
2	Секундомір СОП	8625	Від 0 до 3600 с	Клас точн. 2
3	Термопара ТХА	6	Від 0 до 1200 °С	±2 °С
4	Регулятор-вимірювач РТ 0102	10.354	Від 0 до 1200 °С	
5	Ваги ВТУ 210/ С3	1826	Від 0 до 210 г	Клас точн. 3



а) Теплова камера із зразком для визначення теплових умов самозаймання



б) Корзина для зразка (питома поверхня 171 м^2)



в) Прилад для визначення температури займання твердих речовин і матеріалів



г) Прилад для визначення температури самозаймання твердих речовин і матеріалів

Рисунок 2.2 - Прилади експериментального визначення температур займання та самозаймання твердих речовин і матеріалів

*Методика газорідинної хроматографії та визначення продуктів горіння.
Порядок виходу розділених газових компонентів продуктів згоряння деревини
на хроматографічній колонці з Полісорбом*

Газохроматографічний аналіз виконано на хроматографі ХРОМ-5 з використанням адсорбційного розділення на цеоліті СаА і полсорб-1. Лабораторний газовий хроматограф «Хром 5» (Chrom 5), який виготовлявся чехословацьким підприємством Laboratorní přístroje Praha (початок серійного виробництва припадає на кінець 1970-х - 1980-і роки) (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 - Газовий хроматограф «Хром-5», встановлений у науково-дослідній лабораторії пожежної безпеки

Газовий хроматограф «Хром-5», встановлений у науково-дослідній лабораторії пожежної безпеки, є стаціонарним універсальним лабораторним приладом, призначеним для якісного та кількісного аналізу складних багатокомпонентних сумішей органічних і неорганічних речовин. Прилад має модульну конструкцію, що дозволяє використовувати різні типи інжекторів та

детекторів у межах одного корпусу залежно від поставлених аналітичних завдань.

Керування хроматографом здійснюється за допомогою аналогових блоків, розміщених на передній панелі. Регулювання температурних режимів, витрат газів-носіїв та параметрів роботи детекторів виконується за допомогою потенціометрів і тумблерів, а контроль робочих параметрів здійснюється за показами стрілочних індикаторів.

Одним із основних вузлів приладу є термостат колонок, який забезпечує підтримання необхідних температурних режимів. Робочий діапазон температур становить від температури навколишнього середовища до 400-450 °C залежно від модифікації приладу. Хроматограф може працювати як в ізотермічному режимі, коли температура підтримується сталою протягом усього аналізу, так і в режимі програмованого нагрівання, що дозволяє прискорити вихід важколетких компонентів проби. Для швидкого охолодження після завершення аналізу використовується система примусової вентиляції термостата.

Залежно від конфігурації «Хром-5» може комплектуватися кількома типами детекторів. Найчастіше застосовується полуменево-іонізаційний детектор (ПІД, FID), який характеризується високою чутливістю до більшості органічних сполук. Для аналізу постійних газів та речовин у високих концентраціях використовується детектор за теплопровідністю (ДТП, TCD або катарометр). Для визначення слідових кількостей галогеновмісних сполук застосовується електронно-захоплювальний детектор (ЕЗД, ECD).

У якості газів-носіїв можуть використовуватися гелій, азот, водень або аргон. Первинно прилад розроблявся для роботи з насадочними скляними або металевими колонками, однак у подальшому багато лабораторій адаптували його також для використання капілярних колонок. Введення проб здійснюється за допомогою мікрошприца через септу випаровувача або через спеціальні газові крани-дозатори.

Під час дослідження газоподібних продуктів згоряння деревини часто використовують колонку, заповнену сорбентом Полісорб-1. У цьому випадку

розділення компонентів відбувається за рахунок відмінностей у їхній молекулярній масі та полярності. Першими з колонки виходять азот і кисень, які зазвичай реєструються одним нерозділеним піком повітря. Далі послідовно елюються оксид вуглецю (CO), метан (CH₄), діоксид вуглецю (CO₂), етилен (C₂H₄), ацетилен (C₂H₂), етан (C₂H₆) та водяна пара (H₂O). Особливо важливим є ефективне розділення оксиду та діоксиду вуглецю, що має велике значення під час аналізу продуктів горіння.

Для роботи з колонкою Полісорб-1 рекомендується підтримувати температуру термостата на рівні 40-60 °C. За таких умов досягається оптимальне співвідношення між якістю розділення та тривалістю аналізу. Підвищення температури скорочує час виходу компонентів, однак може призвести до накладання піків повітря, оксиду вуглецю та метану. Водночас використання ізотермічного режиму при температурі 20 °C забезпечує більш чітке розділення цих компонентів, хоча суттєво збільшує тривалість аналізу.

При температурі 20 °C порядок виходу компонентів на колонці Полісорб-1 залишається аналогічним, проте час їх утримування значно зростає. Після піка повітря реєструється оксид вуглецю, потім метан, діоксид вуглецю, етилен, етан та вода. За таких умов особливо помітним стає негативний вплив вологи. Вода міцно утримується сорбентом, утворюючи широкий розмитий пік, який може з'являтися через значний проміжок часу після введення проби. Тому для підвищення стабільності роботи системи доцільно використовувати попереднє осушення газової суміші.

Для аналізу постійних газів широко застосовуються колонки, заповнені молекулярними ситами СаА (цеоліт 5А). На відміну від Полісорбу, такі колонки забезпечують ефективне розділення кисню та азоту. При температурі 20 °C першими виходять водень (за його наявності), кисень, азот, метан та оксид вуглецю. Водночас діоксид вуглецю та вода практично повністю адсорбуються цеолітом і не можуть бути визначені без попередньої регенерації колонки при температурі 250-300 °C. Через це потрапляння вологи на колонку

CaA є вкрай небажаним, оскільки призводить до швидкої втрати її роздільної здатності.

Найбільш ефективним рішенням для аналізу повного складу продуктів згоряння деревини є використання двоколонкової системи, яка поєднує колонки Полісорб-1 та CaA. У такій схемі колонка CaA використовується для розділення кисню, азоту, метану та оксиду вуглецю, тоді як колонка Полісорб-1 забезпечує визначення діоксиду вуглецю та більш важких вуглеводнів. Завдяки цьому вдається отримати повну інформацію про склад продуктів горіння.

При роботі системи за температури 20 °C на колонці CaA послідовно реєструються кисень, азот, метан та оксид вуглецю, тоді як на колонці Полісорб-1 після нерозділеного піка легких газів виходять діоксид вуглецю, етилен, етан та інші важчі компоненти. Однак слід враховувати, що за низьких температур час утримування CO на колонці CaA та CO₂ на колонці Полісорб-1 значно збільшується, а широкий пік води може з'являтися із суттєвим запізненням і впливати на результати наступних аналізів.

Таким чином, газовий хроматограф «Хром-5» у поєднанні з колонками Полісорб-1 та CaA забезпечує ефективний аналіз газоподібних продуктів горіння деревини, дозволяючи визначати як постійні гази, так і продукти піролізу та неповного згоряння органічної речовини.

Дослідження фізико-хімічних показників постпірогенних ґрунтів здійснено у Науково-дослідній лабораторії екологічної безпеки, яка функціонує в Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності (м. Львів, Україна). Свідоцтво про відповідність системи керування вимірюваннями № РА091/21 від 30.11.2021 р., чинне до 29.11.2026 р., видане ДП "Львівстандартметрологія". Положення про НДЛ розроблено на основі нормативного документа: «Порядок добровільного оцінювання системи керування вимірюваннями. Загальні вимоги та порядок проведення. СОУ 43.01-04725912-001.2016» (наказ ДП «Львівстандартметрологія» від 21.03.2016 р. № 648). Приміщення та навколишнє середовище лабораторії відповідає санітарним нормам, правилам і вимогам охорони праці. Використані засоби

вимірювальної техніки - електрофотокolorиметр КФК-2, ваги аналітичні, мірний посуд.

Екологічні закономірності постпірогенної сукцесії суходільної луки в умовах вивчали методами добування даних. Добування даних - це процес аналітичного дослідження великих масивів інформації з метою виявлення певних закономірностей і залежностей між змінними (скритих знань), які можна застосувати до нових сукупностей даних, та достовірного прогнозування процесів і явищ [88]. Дослідження включали три основні етапи: вивчення структури взаємного розташування рослинних асоціацій у багатовимірному просторі ознак екологічних параметрів, математичне моделювання структури та перевірку математичної моделі [66, 89].

Основу геоботанічної інформації становлять відомості про екологічні параметри понад 500 рослинних угруповань, які представляють лучну, рудеральну та лісову рослинність, за шістьма параметрами: L - освітленість, T - термічний режим, K - континентальність, F - режим зволоженості, R - кислотність, N - вміст азоту, бали [90].

Математичне моделювання здійснювали шляхом встановлення систематичних взаємозв'язків між екологічними параметрами місцезростань рослинності. Кожне рослинне угруповання можна представити у вигляді точки у багатовимірному просторі ознак, координати якої відповідають значенням параметрів екологічних режимів. У цьому випадку подібність рослинних угруповань за сукупністю екологічних параметрів можна визначити на основі відстаней між точками. Суть подальшої математичної процедури полягає у виділенні комплексних градієнтів середовища та побудові типологічних схем рослинності на основі дискримінантного аналізу. Перевірку математичної моделі виконували на основі порівняльної оцінки положення рослинного угруповання постпірогенної сукцесії та асоціацій рослинності на осях максимального варіювання (багатовимірної ординації) із результатами геоботанічних досліджень та даними літературних джерел [91].

2.3. Екологічна характеристика досліджуваних ділянок

Польові дослідження екологічних наслідків та фітомеліоративних способів відновлення пірогенно порушених територій проводилися на території Карпатського лісгосподарського району (Закарпатської низовини). Вибір досліджуваних ділянок було обумовлено виникненням на їх території пожеж. Територія регіону дослідження є дуже складною, у кліматичному відношенні, місцевістю. У формуванні клімату велику роль зіграють Карпатські гори, які займають південно-західну частину України. Вони створюють свій гірський клімат, що відрізняється ярко вираженою вертикальною зональністю. Зі збільшенням висоти гір знижується температура повітря, зростає його вологоємність та збільшується кількість опадів. Карпатські гори мають значний вплив на клімат оточуючої території. Вони є природною перешкодою, яка захищає Закарпаття від вторгнення холодних арктичних мас повітря з північно-східної та східної сторони. У зв'язку з цим Закарпаття відрізняється більш м'якою і теплою зимою в порівнянні із Прикарпаттям.

Дата досліджень: 04 липня 2025 р.

Ділянка № 1 (10:00) /с. Руські Комарівці

48.520185, 22.451599

Розташована за межами села Руські Комарівці на віддалі 2 км. Село, площею 10,33 км², відноситься до Бранинської ОТГ Ужгородського району. на невеликій віддалі протікає мілководна річка Солотвинка. Населений пункт розташований на відстані 19 км від м. Ужгорода. Неподалік розташовано с. Вовкове. Дана відкрита територія є загального користування (рис. 2.4).

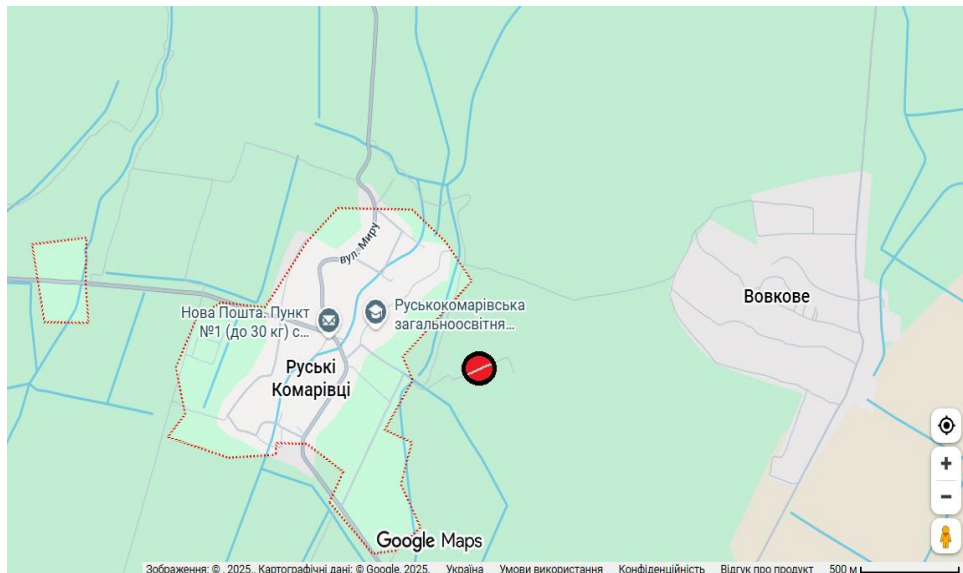


Рисунок 2.4 - Картосхема розташування досліджуваної ділянки поблизу с. Руські Комарівці

Досліджувана ділянка знаходиться близько 2-3 км від меж села на рівнинному рельєфі, який поступово піднімається вгору під кутом 20-30°. Поруч розташовані сільськогосподарські угіддя, в вище - розташовані площі зайняті виноградними насадженнями.

Місцевість, розташована на відкритому просторі, характеризується інтенсивними вітрами, пониженою природною вологістю ґрунту, на даній території присутні дернові супіщані та суглинкові ґрунти, з низькою вбираючою здатністю, яка не сприяє засвоєнню поживних речовин, характеризуються малим шаром гумусу, низькою родючістю. Частина ділянки, де мала місце пожежа зайнята ріллею. Присутні сліди впливу вітрової і частково водної ерозії. Щільність поверхні - 20-25 кг/см² (III категорія). Присутній також значним рослинним покривом лучного типу. З північного боку ділянки присутні лісові площі, з значним природним поновленням, котрі простягаються в напрямку населеного пункту.

Деревно-чагарниковий покрив: вільха сіра (*Alnus incana* (L.) Moench.) - Березові (Betulaceae), тополя біла (*Populus alba* L.) - Вербові (Salicaceae), дуб звичайний (*Quercus robur* L.) - Букові (Fagaceae), осика (*Populus tremula* L.) - Вербові (Salicaceae), сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.) - Соснові (Pinaceae),

береза повисла (*Betula pendula* Roth.) - Березові (Betulaceae), робінія звичайна (*Robinia pseudoacacia* L.) - Бобові (Fabaceae), яблуня лісова (*Malus sylvestris* Mill.) - Трояндові (Rosaceae).

Трав'янистий покрив: гірчак почечуйний (*Polygonum persicaria* L.) - Гречкові (*Polygonaceae*), костриця лучна (*Lolium pratense* Huds.) - Злакові (Poaceae), кульбаба лікарська (*Taraxacum officinale* Webb. ex Wigg.) - Айстрові (Asteraceae), пирій повзучий (*Elymus repens* (L.) Gould) - Злакові (Poaceae), підмаренник чіпкий (*Galium aparine* L.) - Маренові (Rubiaceae), подорожник великий (*Plantago major* L.) - Подорожникові (Plantaginaceae), куничник наземний (*Calamagrostis epigeious* (L.)) - Злакові (Poaceae), лядвинець польовий (*Lotus arvensis* Pers.) - Бобові (Fabaceae), пажитниця багаторічна (*Lolium perenne* L.) - Злакові (Poaceae), тонконіг лучний (*Poa pratensis* L.) - Злакові (Poaceae), мітлиця звичайна (*Agrostis capillaris* L.) - Злакові (Poaceae), метлюг звичайний (*Apera spica-venti* (L.) P. Beauv) - Злакові (Poaceae), яглиця звичайна (*Aegopodium podagraria* L.) - Окружкові (Ariaceae), костриця червона (*Festuca rubra* L.) - Злакові (Poaceae), китник лучний (*Alopecurus pratensis* L.) - Злакові (Poaceae).

Представництво родин: Айстрові (Asteraceae) - 1 вид, Вербові (Salicaceae) - 2 види, Березові (Betulaceae) - 2 види, Бобові (Fabaceae) - 2 види, Букові (Fagaceae) - 1 вид, Соснові (Pinaceae) - 1 вид, Гречкові (Polygonaceae) - 1 вид, Злакові (Poaceae) - 9 видів, Подорожникові (Plantaginaceae) - 1 вид, Трояндові (Rosaceae) - 1 вид, Маренові (Rubiaceae) - 1 вид, Окружкові (Ariaceae) - 1 вид.

Співвідношення проективного покриття: трав'янисті види - 15 видів (65,2%), деревно-чагарникові - 8 видів (34,8%). Присутні ділянки з поодиноким, мозаїчним та практично суцільним розташуванням рослинного покриву. Проективне покриття території - 40-45% (рис. 2.5).



Рисунок 2.5 - Досліджувана ділянка поблизу с. Руські Комарівці

На даній території періодично трапляються пожежі у природних екосистемах. Тут 07 вересня 2024 р. зафіксована пожежа, в результаті якої відбулось загорання сухої трави, чагарників та дерев. Сповіщення надійшло 14 год. 20 хв., час прибуття 1-го підрозділу 14 год. 53 хв., площа 3 га. Локалізація пожежі відбулась о 22 год. 20 хв., площа 9 га. Ліквідація пожежі о 22 год. 31 хв., площа 9 га.

Всього на пожежі зосереджено сил та засобів: основних пожежно-рятувальних автомобілів 1 од.4-ДПРЧ, 1од. ДПРП-Добронь, 1од.3 ДПРЧ, 1од. 5 ДПРЧ. Було залучено 18 осіб особового складу, подано стволів на гасіння: 3 од. Protek-366 та 3 робочі рукавні лінії. Причиною пожежі стало недбале

поводження населення та запалювання сухої трави на сільськогосподарських ділянках, розташованих неподалік.

Ділянка № 2 (12:00). с. Вовкове

48.531883, 22.470199

Дослідна ділянка розташована за межами села Вовкове в Ужгородському районі, котре входить до складу Середнянської селищної громади. Територія розташована на відстані 20 км на південний схід від м. Ужгорода, за 1,5 км від автомобільної дороги міжнародного значення М06-Е50 (Київ-Чоп). Площа населеного пункту - 0,34 км². Висота місцевості становить 124 м над рівнем моря (рис. 2.6).

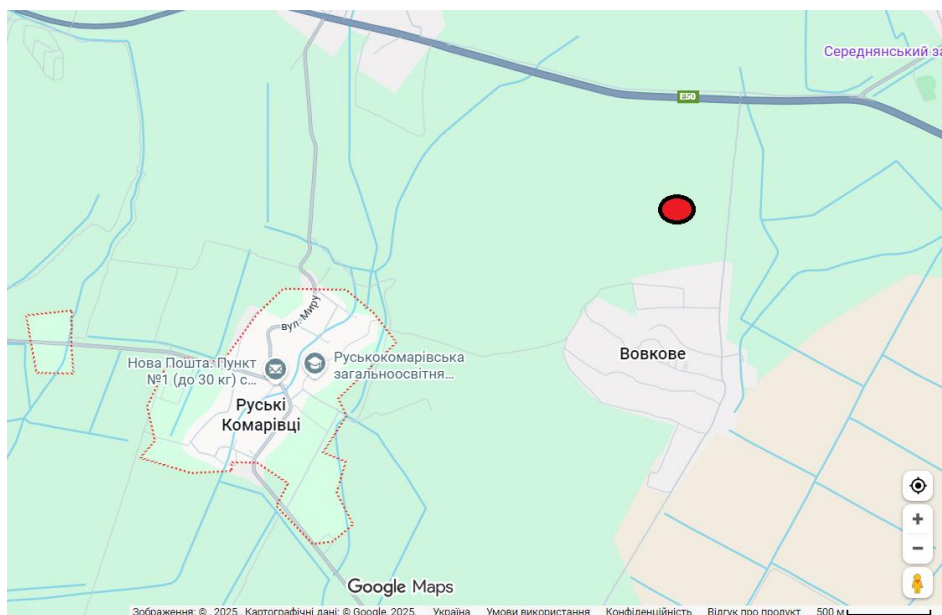


Рисунок 2.6 - Картосхема розташування досліджуваної ділянки поблизу с. Вовкове

Поруч частково присутні колишні виноградники та фруктові сади, більшість з яких знаходиться у занедбаному стані. Площі, де вони колись були засаджені, на схилах пагорбів, зараз поступово заростають деревами, чагарниками та трав'янистими видами. У останні роки сільськогосподарські

угіддя, переважно орендовані, були засаджені кукурудзою та соєю, при вирощуванні яких, здійснюється обробка значною кількістю гербіцидів та інсектицидів, інколи з використанням літальних апаратів.

Це спричиняє погіршення екологічного стану у селі, околицях та полях біля нього, особливо для тих мешканців чиї домогосподарства розташовані досить близько від орендованих плантацій.

На даній місцевості також має місце падіння рівня води, як на відкритих територіях, так і у колодязях у багатьох домогосподарств (аж до повної відсутності води), особливо у літній період, коли вкрай мало або зовсім немає атмосферних опадів.

Однією із причин падіння рівня вод, є наслідок проведеної меліорації на території біля села та загальної тенденції до падіння рівня підземних (грунтових) вод, а також збільшення загальних обсягів споживання води з колодязів та свердловин. Варта зазначити, що подібна ситуація з падінням рівня води у колодязях, характерна в останній період і для інших сіл Ужгородського району.

Поблизу присутня автомобільна дорога районного значення від міжнародної автомобільної траси (автошляхи М06 та Е50), яка веде до населеного пункту. На її узбіччях періодично організовуються і виконуються роботи по благоустрою придорожньої території: вирізка чагарників, кущів, прибирання сміття з канав, скошування трави, що збільшує ризики виникнення пожеж у природних екосистемах. Особливо це часто трапляється у період спеки та підвищених температур повітря, тому слід бути обережними та дотримуватись правил пожежної безпеки на відкритих територіях та у побуті.

Досліджувана ділянка знаходиться близько 1-2 км від меж с. Вовкове на рівнинному рельєфі, який характеризується поступовим підніманням вгору під кутом 10-20°, який плавно переходить у передгір'я.

Місцевість, розташована на відкритому просторі, мають місце, як і на попередній, доволі інтенсивний рух вітрових потоків, понижена природна вологість ґрунту. Переважаючими ґрунтами є дернові супіщані, суглинкові ґрунти, котрі характеризуються низькою вбираючою здатністю, щільністю

поверхні - 25-30 кг/см² (III категорія), частковим (ближче до населеного пункту), порушенням механічного покриву, обумовленим господарською діяльністю населення, що супроводжується порушенням кругообігу атмосферної вологи та поживних речовин (помірна дигресія). Свідченням чого, є окремі ділянки, практично без рослинного покриву.

Ближче до передгір'я виявлено ділянки із дерново-буроземними і лучно-буроземними ґрунтами, котрі характеризуються високим вмістом рухомого фосфору і вищою родючістю, ніж дернові супіщані, суглинкові ґрунти. Дані ґрунти представляють дуже цінний фонд орних земель. Дерново-буроземні ґрунти характеризуються присутністю верхнього темно-бурого гумусового горизонту до глибини 35 см і більше, і навіть перехідний горизонт частково темного забарвлення. На певних частинах дослідної ділянки, присутні сліди впливу вітрової та водної ерозії та початкові етапи процесу яроутворення, який пришвидшується під впливом часткового ухилу природної поверхні, атмосферних опадів, танення снігу та господарської діяльності (розорювання схилів, ущільнення поверхні, знищення рослинності). Частина ділянки, де мала місце пожежа була зайнята ріллею (рис. 2.7).





Рисунок 2.7 - Досліджувана ділянка поблизу с. Вовкове

Деревно-чагарниковий покрив: вільха сіра (*Alnus incana* (L.) Moench.) - Березові (Betulaceae), тополя біла (*Populus alba* L.) - Вербові (Salicaceae), дуб звичайний (*Quercus robur* L.) - Букові (Fagaceae), осика (*Populus tremula* L.) - Вербові (Salicaceae), сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.) - Соснові (Pinaceae), береза повисла (*Betula pendula* Roth.) - Березові (Betulaceae), робінія звичайна (*Robinia pseudoacacia* L.) - Бобові (Fabaceae), ялина звичайна (*Picea abies* (L.) Н. Kart.) - Соснові (Pinaceae), поодинокі бук звичайний (*Fagus sylvatica* L.) -

Букові (Fagaceae), алича (*Prunus divaricata* Ledeb.) - Трояндові (Rosaceae), вільха чорна (*Alnus glutinosa* (L.) Gaerth.) - Березові (Betulaceae), граб звичайний (*Carpinus betulus* L.) - Березові (Betulaceae), ожина сиза (*Rubus caesius* L.) - Трояндові (Rosaceae).

Трав'янистий покрив: костриця лучна (*Lolium pratense* Huds.) - Злакові (Poaceae), кульбаба лікарська (*Taraxacum officinale* Webb. ex Wigg.) - Айстрові (Asteraceae), пирій повзучий (*Elymus repens* (L.) Gould.) - Злакові (Poaceae), підмаренник чіпкий (*Galium aparine* L.) - Маренові (Rubiaceae), подорожник великий (*Plantago major* L.) - Подорожникові (Plantaginaceae), куничник наземний (*Calamagrostis epigeious* (L.)) - Злакові (Poaceae), лядвинець польовий (*Lotus arvensis* Pers.) - Бобові (Fabaceae), тонконіг лучний (*Poa pratensis* L.) - Злакові (Poaceae), мітлиця звичайна (*Agrostis capillaris* L.) - Злакові (Poaceae), метлюг звичайний (*Apera spica-venti* (L.) P. Beauv) - Злакові (Poaceae), китник лучний (*Alopecurus pratensis* L.) - Злакові (Poaceae), пажитниця багаторічна (*Lolium perenne* L.) - Злакові (Poaceae), подорожник ланцетолистий (*Plantago lanceolata* L.) - Подорожникові (Plantaginaceae), тонконіг лучний (*Poa pratensis* L.) - Злакові (Poaceae), тонконіг однорічний (*Poa annua* L.) - Злакові (Poaceae), хвощ лісовий (*Equisetum sylvaticum* L.) - Хвощеві (Equisetaceae), пахуча трава звичайна (*Anthoxanthum odoratum* L.) - Злакові (Poaceae), медова трава вовниста (*Holcus lanatus* L.) - Злакові (Poaceae), гребінниця звичайна (*Cynosurus cristatus* L.) - Злакові (Poaceae), щавель кислий (*Rumex acetosa* L.) - Гречкові (Polygonaceae), королиця звичайна (*Leucanthemum vulgare* Lam.) - Айстрові (Asteraceae).

Представництво родин: Айстрові (Asteraceae) - 2 види, Березові (Betulaceae) - 4 види, Бобові (Fabaceae) - 2 види, Букові (Fagaceae) - 2 види, Вербові (Salicaceae) - 2 види, Гречкові (Polygonaceae) - 1 вид, Злакові (Poaceae) - 13 видів, Маренові (Rubiaceae) - 1 вид, Подорожникові (Plantaginaceae) - 2 види, Соснові (Pinaceae) - 2 види, Трояндові (Rosaceae) - 2 види, Хвощеві (Equisetaceae) - 1 вид.

Співвідношення проективного покриття: трав'янисті види - 21 вид (61,8%), деревно-чагарникові - 13 видів (38,2%). Присутні ділянки з поодиноким, мозаїчним та практично суцільним розташуванням рослинного покриву. Проективне покриття території - 50-55%.

На даній території, як і на ділянці поблизу с. Руські Комарівці періодично трапляються пожежі у природних екосистемах. Тут 08 вересня 2024 р. зафіксована пожежа, в результаті якої відбулось загорання сухої трави, чагарників та дерев. Сповіщення надійшло 12 год. 10 хв., час прибуття 1-го підрозділу 12 год. 35 хв., площа 2,5 га. Локалізація пожежі відбулась о 13 год. 15 хв., площа 5 га. Ліквідація пожежі о 14 год. 10 хв., площа 5 га.

Всього на пожежі зосереджено сил та засобів: основних пожежно-рятувальних автомобілів 1 од.4-ДПРЧ, 1од. ДППП-Добронь, 1од.3 ДПРЧ, 1од. 5 ДПРЧ. Було залучено 20 осіб особового складу, подано стволів на гасіння: 3 од. Protek-366 та 3 робочі рукавні лінії.

Причиною пожежі стало порушення правил пожежної безпеки та недбале поводження населення з вогнем, результатом чого стало запалювання сухої трави на сільськогосподарських ділянках, розташованих неподалік населеного пункту та інтенсивне поширення фронту пожежі на ділянки із деревно-чагарниковою рослинністю.

Ділянка № 3 (13:00). м. Ужгород (вул. О. Блистіва)

48.582742, 22.332678

Дана дослідна ділянка розташована поблизу об'їзної дороги міста Ужгорода. Територія розташована поблизу автомобільної дороги міжнародного значення М06-Е50 (Київ-Чоп), на віддалі біля 1 км до міської забудови. Ділянка знаходиться на перетині вулиць Олександра Блистіва та Об'їзної (рис. 2.8).

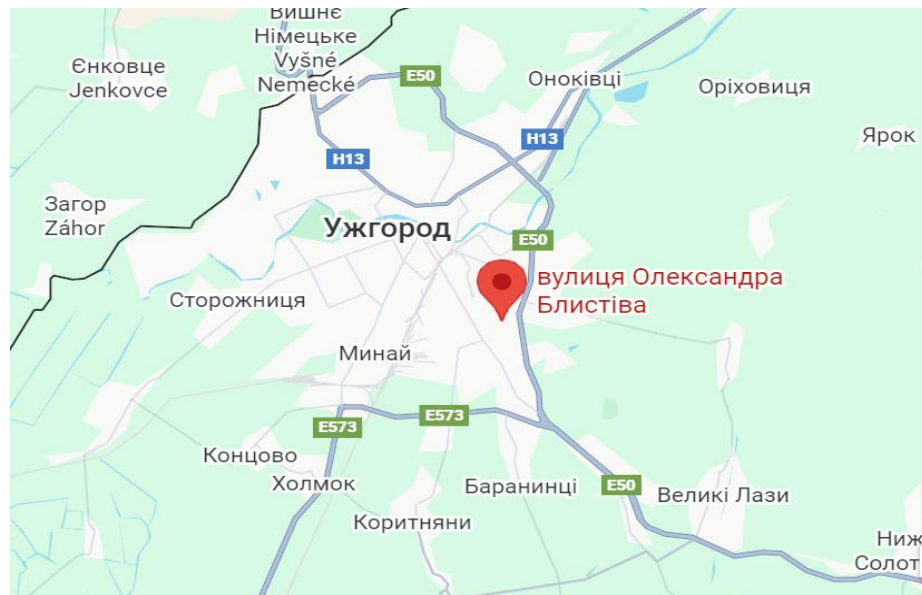


Рисунок 2.8 - Картохема розташування досліджуваної ділянки на вул. О. Блистіва м. Ужгорода

Віддаль від місця початку та розповсюдження пожежі до полотна дороги, становить 5-10 м. Поруч частково присутні природні деревно-чагарникові насадження, посаджені вздовж узбіччя дороги. На узбіччі дороги періодично проводиться скошування трав'янистої рослинності, сезонна обрізка дерев, чагарників та санітарна видалення сухостоїв, суховершинних насаджень, тому складова антропогенного недбальства є фактором підвищення ризиків загорань та спалахування пожеж у природних екосистемах. Особливо часто трапляються випадки загорання у період підвищених температур повітря.

Досліджувана ділянка, де мала місце пожежа 04.07.2025 р., і характеризується чергуванням горбистих та рівнинних ділянок. Поруч із дорогою, у пониженні зафіксовано невелике стихійне сміттєзвалище, яке судячи із проаналізованих побутових відходів накопичувалось тут 2-3 роки

На рівнинних ділянках зафіксовано найінтенсивніші місця загорання. З трьох інших боків дослідної ділянки присутні деревно-чагарникові насадження та невисоке природне поновлення деревних порід. Місцевість злегка замкнута насадженнями, тому інтенсивність вітрових потоків є незначною. Мають місце дернові супіщані, суглинкові ґрунти, з нивеликим гумусовим горизонтом, що

свідчить про невелике проективне вкриття, сезонний опад якого є джерелом привнесення органічних речовин.

Щільністю поверхні коливається в межах - 35-40 кг/см² (IV категорія), що вказує на високий рівень ущільнення поверхні та проблеми у процесах циркуляції вологи та поживних речовин між горизонтами ґрунту. Тому і в період досліджень фіксувались ділянки, практично без рослинного покриву.

Горінню піддавалась наявна до пожежі на ділянці деревно-чагарникова та трав'яниста рослинність. В певних місцях зафіксовано місця де є незначний вплив водної ерозії, що спричиняє часткове поступове розмивання поверхні схилів.

Деревно-чагарниковий покрив: вільха сіра (*Alnus incana* (L.) Moench.) - Березові (Betulaceae), тополя біла (*Populus alba* L.) - Вербові (Salicaceae), осика (*Populus tremula* L.) - Вербові (Salicaceae), сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.) - Соснові (Pinaceae), береза повисла (*Betula pendula* Roth.) - Березові (Betulaceae), робінія звичайна (*Robinia pseudoacacia* L.) - Бобові (Fabaceae), клен звичайний (*Acer platanoides* L.) - Сапіндові (Sapindaceae), верба козяча (*Salix caprea* L.) - Вербові (Salicaceae).

Трав'янистий покрив: костриця лучна (*Lolium pratense* Huds.) - Злакові (Poaceae), пирій повзучий (*Elymus repens* (L.) Gould.) - Злакові (Poaceae), кульбаба лікарська (*Taraxacum officinale* Webb. ex Wigg.) - Айстрові (Asteraceae), подорожник великий (*Plantago major* L.) - Подорожникові (Plantaginaceae), куничник наземний (*Calamagrostis epigeious* (L.)) - Злакові (Poaceae), тонконіг лучний (*Poa pratensis* L.) - Злакові (Poaceae), мітлиця звичайна (*Agrostis capillaris* L.) - Злакові (Poaceae), китник лучний (*Alopecurus pratensis* L.) - Злакові (Poaceae), пажитниця багаторічна (*Lolium perenne* L.) - Злакові (Poaceae), тонконіг лучний (*Poa pratensis* L.) - Злакові (Poaceae), королиця звичайна (*Leucanthemum vulgare* Lam.) - Айстрові (Asteraceae).

Представництво родин: Березові (Betulaceae) - 2 види, Вербові (Salicaceae) - 3 види, Злакові (Poaceae) - 8 видів, Айстрові (Asteraceae) - 2 види, Соснові

(Pinaceae) - 1 вид, Бобові (Fabaceae) - 1 вид, Сапіндові (Sapindaceae) - 1 вид, Подорожникові (Plantaginaceae) - 1 вид.

Співвідношення проективного покриття: трав'янисті види - 8 вид (42,1%), деревно-чагарникові - 11 видів (57,9%). Присутні ділянки з мозаїчним та в певних місцях суцільним розташуванням рослинного покриву. Проективне покриття території - 30-35% (рис. 2.9).





Рисунок 2.9 - Наслідки пожежі на об'їзній дорозі м. Ужгорода
на вул. О. Блистіва

На даній території 04 липня 2025 р. зафіксована пожежа, в результаті якої відбулось загорання сухої трави, чагарників та дерев. Загорання і розвиток пожежі відбувався на відкритій місцевості. Сповіщення надійшло 11 год. 54 хв., час прибуття 1-го підрозділу 11 год. 59 хв., площа 50 м². Локалізація пожежі о 12 год. 03 хв., площа 50 м². Ліквідація пожежі о 12 год. 08 хв., площа 50 м².

Всього на пожежі зосереджено сил та засобів: основних пожежно-рятувальних автомобілів 1 од. АЦ-ІВЕКО. Було залучено 4 осіб особового складу, подано стволів на гасіння: 1 од. _Protek-366. На пожежу виїжджали 2 відділення 3 ДПРЧ (м. Ужгород). Причиною пожежі стало недбале поводження населення та запалювання сухої трави, внаслідок недотримання правил пожежної безпеки.

Ділянка № 4 (15:00). с. Дубриничі

48.897623, 22.491197

Дослідна ділянка розташована поблизу смт. Великий Березний Великоберезнянської ОТГ Ужгородського району. Дана територія розташована на відстані 42 км від м. Ужгорода. Площа населеного пункту - 4,1 км², населення - 7,7 тис., густина населення - 1843 осіб/км² (рис. 2.10).

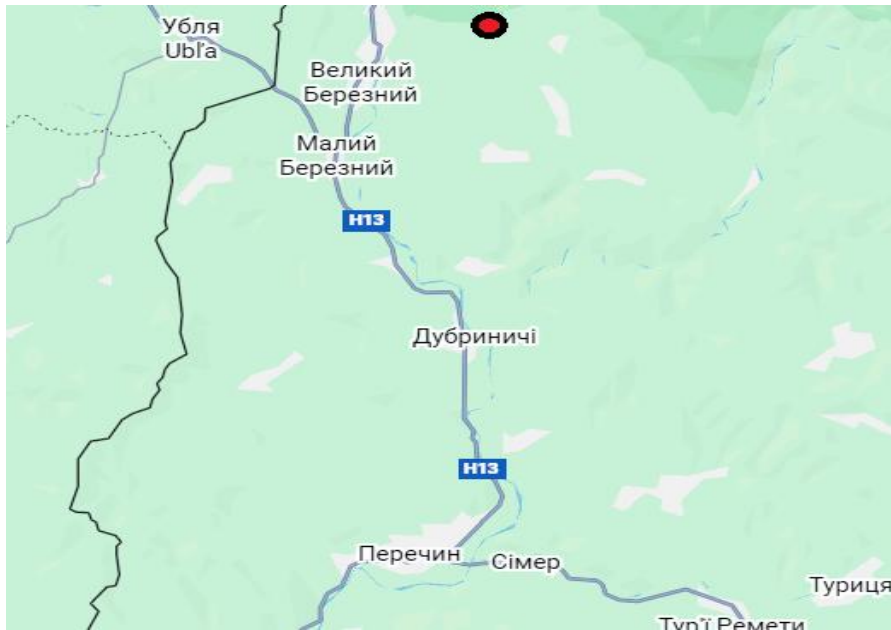


Рисунок 2.10 - Картосхема розташування досліджуваної ділянки поблизу с. Дубриничі

З 22 грудня 2019 р. смт. Великий Березний, став центром утвореної Великоберезнянської ОТГ у складі наступних населених пунктів: Великий Березний, Розтока Пастіль, Костева Патіль, Бегендят Пастіль, Руський Мочар.

Даний населений пункт розташований на правому березі р. Уж, біля підніжжя гір. Через Великий Березний проходять автомобільна траса та залізниця Ужгород-Львів.

На тип рослинності локально впливають кліматичні умови, які тут м'які, клімат помірно теплий і вологий, зими дещо холодніші, ніж у інших районах закарпатської частини Українських Карпат. Середня температура січня -6°C , липня - $+15,6-18,0^{\circ}\text{C}$ за середньорічної максимальної температури $+30^{\circ}\text{C}$ і мінімальної - -31°C . Опадів тут випадає 800-1100 мм на рік. У ґрунтовому покриві переважають бурі гірсько-лісові ґрунти різного ступеня оглеєності, у річковій долині р. Ужа - лучні глейові.

Досліджувана ділянка знаходиться близько 1-2 км від меж с. Дубриничі на пересіченій у ландшафтному відношенні місцевості, де є пониження рельєфу, рівнинні ділянки і незначні підвищення (під кутом $20-30^{\circ}$).

Місцевість, розташована у зоні густих лісових насаджень, де мають виражені I, II та III яруси вертикальної структури лісових екосистем.

На відкритому просторі узлісь присутній інтенсивний рух вітрових потоків, підвищена природна вологість ґрунту під наметом насаджень лісу. Переважаючими ґрунтами є бурі гірсько-лісові сформовані під буковими та ялиновими лісами, дерново-буроземні, які мають добрі фізичні властивості та механічну структуру. Щільністю поверхні - 25-30 кг/см² (III категорія). У місцях вигорання підстилки має місце підвищений рівень ущільнення, що супроводжується порушенням кругообігу атмосферної вологи та поживних речовин (помірна дигресія). Свідченням чого, є окремі ділянки, практично без рослинного покриву.

Деревно-чагарниковий покрив: вільха сіра (*Alnus incana* (L.) Moench.) - Березові (Betulaceae), бук звичайний (*Fagus sylvatica* L.) - Букові (Fagaceae), сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.) - Соснові (Pinaceae), осика (*Populus tremula* L.) - Вербові (Salicaceae), береза повисла (*Betula pendula* Roth.) - Березові (Betulaceae), ялина звичайна (*Picea abies* (L.) H.Kart.) - Соснові (Pinaceae), ялиця біла (*Abies alba* Mill.) - Соснові (Pinaceae), модрина звичайна (*Larix decidua* Mill.) - Соснові (Pinaceae), ясен звичайний (*Fraxinus excelsior* L.) - Маслинові (Oleaceae), ожина сиза (*Rubus caesius* L.) - Трояндові (Rosaceae), ліщина звичайна (*Corylus avellana* L.) - Березові (Betulaceae).

Трав'янистий покрив: кульбаба лікарська (*Taraxacum officinale* Webb. ex Wigg.) - Айстрові (Asteraceae), пирій повзучий (*Elymus repens* (L.) Gould.) - Злакові (Poaceae), підмаренник чіпкий (*Galium aparine* L.) - Маренові (Rubiaceae), подорожник великий (*Plantago major* L.) - Подорожникові (Plantaginaceae), мітлиця звичайна (*Agrostis capillaris* L.) - Злакові (Poaceae), тонконіг однорічний (*Poa annua* L.) - Злакові (Poaceae), хвощ лісовий (*Equisetum sylvaticum* L.) - Хвощеві (Equisetaceae), костриця карпатська (*Festuca carpathica* F.Dietr.) - Злакові (Poaceae), щучник дернистий (*Deschampsia cespitosa* (L.) P. Beauv) - Злакові (Poaceae), щавель кислий (*Rumex acetosa* L.) - Гречкові (Polygonaceae), яглиця звичайна (*Aegopodium podagraria*

L.) - Окружкові (Ariaceae), осока волосиста (*Carex pilosa* Scop.) - Осокові (Cyperaceae), фіалка лісова (*Viola reichenbachiana* Jordan ex Boreau) - Фіалкові (Violaceae), щитник чоловічий (*Dryopteris filix-mas* (L.) Schott) - Щитникові (Dryopteridaceae).

Представництво родин: Айстрові (Asteraceae) - 1 вид, Березові (Betulaceae) - 3 види, Букові (Fagaceae) - 1 вид, Вербові (Salicaceae) - 1 вид, Гречкові (Polygonaceae) - 1 вид, Злакові (Poaceae) - 5 видів, Маренові (Rubiaceae) - 1 вид, Маслинові (Oleaceae) - 1 вид, Окружкові (Ariaceae) - 1 вид, Осокові (Cyperaceae) 1 вид, Подорожникові (Plantaginaceae) - 1 вид, Соснові (Pinaceae) - 4 види, Трояндові (Rosaceae) - 1 вид, Фіалкові (Violaceae) - 1 вид, Хвощеві (Equisetaceae) - 1 вид, Щитникові (Dryopteridaceae) - 1 вид.

Співвідношення проективного покриття: трав'янисті види - 14 видів (56%), деревно-чагарникові - 11 видів (44%). Присутні ділянки переважно з мозаїчним розташуванням рослинного покриву, що обумовлено вигоранням деревно-чагарникових насаджень, відкриванням під наметового простору до світла і проведеними до пожежі лісогосподарськими заходами. Проективне покриття території - 57-65% (рис. 2.11).



Рисунок 2.11 - Масштабна пожежі у лісовому масиві поблизу с. Дубриничі

На даній території 08 серпня 2022 р. зафіксована пожежа, в результаті підпалу сухої трави, як результат переміщення фронту пожежі та загорання чагарників та дерев. Сповідення про пожежу, яка виявлена була в 4 кварталі 9 виділу Дубриницького лісництва (ДП “Ужгородський лісгосп”), надійшло о 15 год. 00 хв., площа 0,03 га. Час прибуття 1-го підрозділу 15 год. 20 хв. Ліквідація пожежі о 16 год. 25 хв., 13 серпня 2022 року. Надалі відбувалось обстеження території, щоб не допустити повторного загорання. Всього на пожежі зосереджено сил та засобів: ДПО - 100 ос., ДСНС - 75 ос., ДПД - 40 ос., пожежні автомобілі - 13 шт., гелікоптери - 2 шт., літаки - 2 шт., автомобіль ЗІЛ-131 - 3 шт. Як показав аналіз акту про лісову пожежу, найбільше згоріли ділянки лісу з буком лісовим (*Fagus sylvatica* L.). Площа стиглих і перестійних насаджень уражених вогнем становила - 4,4 га., молодняків природного походження - 66,5 га. Всього лісових земель пройдених вогнем - 70,9 га.

Ділянка № 5 (17:00). Лісове урочище у с. Вишка
(територія НПП Ужанський)
48°56'19", 22°42'33"

Досліджувана ділянка розташована неподалік с. Вишка, Костринської сільської громади, Ужгородського району. Даний населений пункт розміщений у гірській місцевості у долині річки Уж за 25 км від районного центру смт. Великий Березний, за 67 км від обласного центру - м. Ужгорода та за 7 км від залізничної станції Кострино на лінії Чоп-Самбір. У селі бере початок річка Вишка, ліва притока Ужа. Середня висота над рівнем моря близько 600 м над рівнем моря (рис. 2.12).

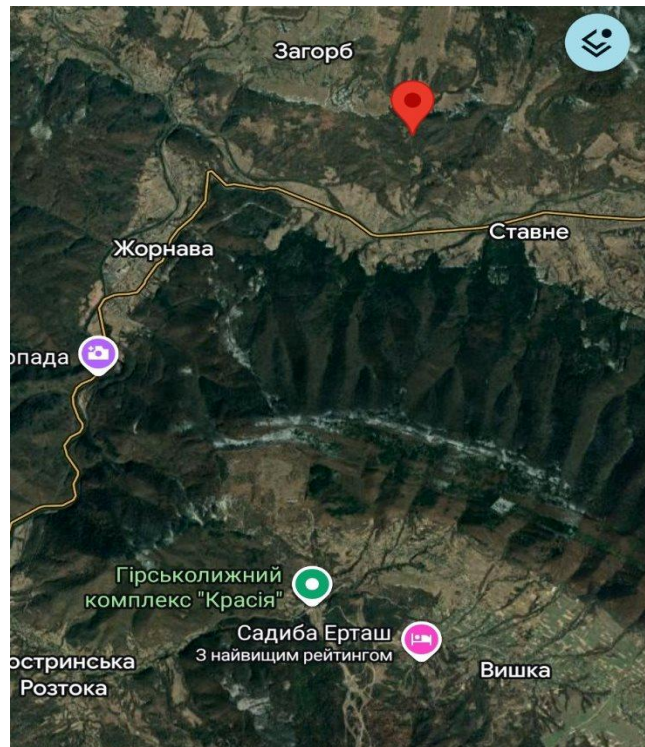


Рисунок 2.12 - Місце пожежі у лісовому масиві поблизу с. Вишка Ужгородського району

Площа, де мала місце лісова пожежа, як видно з рисунку 14, розташована у трикутнику поміж невеликими населеними пунктами Жорнава, Ставне і Загорб. Неподалік знаходиться гірськолижний комплекс “Красія” і гора Красія (1036 м), які є одним із центрів зимової спортивної рекреації населення.

Досліджувана ділянка знаходиться близько 3 км від меж с. Загорб на пересіченій місцевості, де є пониження рельєфу, рівнинні ділянки і значні підвищення у напрямку гори Красія.

Місцевість, розташована у зоні густих лісових насаджень, де є виражені I, II та III яруси вертикальної структури лісових екосистем. На відкритому просторі часто трапляється інтенсивний рух вітрових потоків, підвищена природна вологість ґрунту під наметом насаджень лісу.

Переважаючими ґрунтами є бурі гірсько-лісові сформовані під буковими та ялиновими лісами, дерново-буроземні, які мають добрі фізичні властивості та механічну структуру. Щільністю поверхні - 35-40 кг/см² (IV категорія). У багатьох місцях виявлено підвищений рівень ущільнення, що супроводжується

порушенням кругообігу атмосферної вологи та поживних речовин (значна дигресія).

Деревно-чагарниковий покрив: дуб звичайний (*Quercus robur* L.) - Букові (Fagaceae), сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.) - Соснові (Pinaceae), ялина звичайна (*Picea abies* (L.) Н. Kart.) - Соснові (Pinaceae), модрина звичайна (*Larix decidua* Mill.) - Соснові (Pinaceae), береза повисла (*Betula pendula* Roth.) - Березові (Betulaceae), осика (*Populus tremula* L.) - Вербові (Salicaceae), ялиця біла (*Abies alba* Mill.) - Соснові (Pinaceae), вільха чорна (*Alnus glutinosa* (L.) Gaerth.) - Березові (Betulaceae), верба козяча (*Salix caprea* L.) - Вербові (Salicaceae), бук звичайний (*Fagus sylvatica* L.) - Букові (Fagaceae).

Трав'янистий покрив: подорожник великий (*Plantago major* L.) - Подорожникові (Plantaginaceae), пирій повзучий (*Elymus repens* (L.) Gould.) - Злакові (Poaceae), тонконіг однорічний (*Poa annua* L.) - Злакові (Poaceae), хвощ лісовий (*Equisetum sylvaticum* L.) - Хвощеві (Equisetaceae), кульбаба лікарська (*Taraxacum officinale* Webb. ex Wigg.) - Айстрові (Asteraceae), костриця карпатська (*Festuca carpathica* F.Dietr.) - Злакові (Poaceae), ягиця звичайна (*Aegopodium podagraria* L.) - Окружкові (Ariaceae), фіалка лісова (*Viola reichenbachiana* Jordan ex Boreau) - Фіалкові (Violaceae), щитник чоловічий (*Dryopteris filix-mas* (L.) Schott) - Щитникові (Dryopteridaceae), костриця карпатська (*Festuca carpathica* F.Dietr.) - Злакові (Poaceae), трясучка середня (*Briza media* L.) - Злакові (Poaceae), пахуча трава звичайна (*Anthoxanthum odoratum* L.) - Злакові (Poaceae), перстач випрямлений (*Potentilla erecta* (L.) Hampe) - Трояндові (Rosaceae).

Представництво родин: Айстрові (Asteraceae) - 1 вид, Березові (Betulaceae) - 1 вид, Букові (Fagaceae) - 2 види, Вербові (Salicaceae) - 2 види, Злакові (Poaceae) - 6 видів, Окружкові (Ariaceae) - 1 вид, Подорожникові (Plantaginaceae) - 1 вид, Соснові (Pinaceae) - 4 види, Трояндові (Rosaceae) - 1 вид, Фіалкові (Violaceae) - 1 вид, Хвощеві (Equisetaceae) - 1 вид, Щитникові (Dryopteridaceae) - 1 вид.

Співвідношення проективного покриття: трав'янисті види - 13 видів (59,1%), деревно-чагарникові - 9 видів (40,9%). Присутні ділянки з мозаїчним розташуванням рослинного покриву, що обумовлено вигоранням деревно-чагарникових насаджень, відкриванням піднаметового простору. Проективне покриття території - 55-60%.

На даній території 09 березня 2025 р. зафіксована пожежа, в результаті якої відбулось загорання сухої трави, чагарників та дерев, підстилка.

Сповіщення надійшло 14 год. 05 хв., час прибуття 1-го підрозділу 14 год. 21 хв., площа 10 га. Відстань до міста пожежі - 25 км. Локалізація відбулась о 03 год. 30 хв., площа 10 га. Ліквідація пожежі о 08 год. 45 хв., площа 10 га. Всього на пожежі зосереджено сил та засобів: основних пожежно-рятувальних автомобілів, допоміжної техніки (автобус "Богдан") - 1 од. Було залучено 48 осіб особового складу, подано стволів на гасіння: 3 од. Protek-366 та 3 робочі рукавні лінії. Для локалізації та гасіння цієї значної пожежі, було залучено також фахівці Ужанського національного природного парку - 35 осіб, 3 од. техніки ДП "Ліси України", 11 осіб і 1 од. техніки населення. Причиною пожежі стало недбале поводження населення та запалювання сухої трави на сільськогосподарських угіддях, розташованих неподалік лісових масивів.

Висновки до Розділу 2

Наведено програму, об'єкти, методи, прилади та матеріали досліджень, а також здійснено екологічну та фітоценотичну характеристики досліджуваних ділянок. Описано пожежі, які виникли у межах досліджуваного регіону, а також сили і засоби для їх ліквідації.

Програма досліджень передбачала: встановити видовий склад трав'яної та дерево-чагарникової рослинності в межах досліджуваного регіону, а також видовий склад пірогенної сукцесії; встановити екологічні закономірності розвитку рослинності на постпірогенних територіях; дослідити вплив високих температур на фізико-хімічні показники едафтопів та відновлення ґрунтів у

післяпожежний період; встановити температури займання та самозаймання деревних порід, види яких піддаються періодичним вигоранням внаслідок пожеж; встановити склад продуктів горіння трав'янистої та деревної рослинності тощо.

Експериментальне визначення температури займання твердих речовин і матеріалів та експериментальне визначення температури самозаймання твердих речовин і матеріалів здійснювалися у Науково-дослідній лабораторії пожежної безпеки Львівського державного університету безпеки життєдіяльності.

Дослідження фізико-хімічних показників постпірогенних ґрунтів здійснено у Науково-дослідній лабораторії екологічної безпеки, яка функціонує в Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності.

Встановлений типовий родинний спектр на досліджуваних ділянках. Представництво родин: Айстрові (Asteraceae) - 1 вид, Вербові (Salicaceae) - 2 види, Березові (Betulaceae) - 2 види, Бобові (Fabaceae) - 2 види, Букові (Fagaceae) - 1 вид, Соснові (Pinaceae) - 1 вид, Гречкові (Polygonaceae) - 1 вид, Злакові (Poaceae) - 9 видів, Подорожникові (Plantaginaceae) - 1 вид, Трояндові (Rosaceae) - 1 вид, Маренові (Rubiaceae) - 1 вид, Окружкові (Ariaceae) - 1 вид.

Експериментальне визначення температури займання твердих речовин і матеріалів та експериментальне визначення температури самозаймання твердих речовин і матеріалів здійснювалися у Науково-дослідній лабораторії пожежної безпеки Львівського державного університету безпеки життєдіяльності.

Для встановлення температур займання та самозаймання були відібрані зразки матеріалів рослинного походження з ділянок пожеж у природних екосистемах Закарпатської низовини.

Результати досліджень **Розділу 2** опубліковано у наукових працях [140, 145, 146, 148].

РОЗДІЛ 3. ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ РЕГІОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Адміністративно-територіальна структура

Закарпатська область розташована на південному заході України та є найзахіднішим регіоном держави. Її унікальне географічне положення визначається безпосереднім сусідством із чотирма країнами Європейського Союзу: на заході - зі Словацькою Республікою (98 км державного кордону), на південному заході - з Угорщиною (135 км), на півдні - з Румунією (190 км), на північному заході - з Республікою Польщею (33 км). В межах України область межує зі Львівською та Івано-Франківською областями. Таке прикордонне розташування формує важливі передумови для розвитку міжнародного співробітництва у сфері охорони навколишнього природного середовища, реалізації транскордонних екологічних програм та спільного моніторингу стану природних екосистем [92, 93].

Закарпаття характеризується винятковим природно-ресурсним потенціалом та високим рівнем ландшафтного різноманіття. Область розташована в межах Українських Карпат та Закарпатської низовини, що обумовлює складну структуру рельєфу, значну вертикальну зональність і різноманітність кліматичних умов. Важливе природоохоронне значення мають гірські екосистеми Карпат, які виконують водорегулюючу, ґрунтозахисну, кліматорегулюючу та рекреаційну функції не лише для України, а й для значної частини Центральної Європи [94, 95].

Територія області відзначається високою лісистістю, що є одним із ключових чинників екологічної безпеки регіону. Лісові екосистеми забезпечують підтримання біорізноманіття, поглинання вуглекислого газу, захист ґрунтів від ерозії та зменшення ризиків розвитку небезпечних природних процесів. Водночас значні площі гірських схилів є вразливими до впливу екстремальних природних явищ, зокрема паводків, селевих потоків,

зсувів та вітровалів, що потребує постійного екологічного моніторингу та впровадження природоорієнтованих заходів управління територіями [96].

Закарпатська область є єдиним регіоном України, розташованим за головним Карпатським вододільним хребтом. Транспортне сполучення з іншими областями України здійснюється переважно через гірські перевали, серед яких найбільше значення мають Ужоцький, Верецький, Бескидський, Торунський, Вишківський та Яблуницький перевали. Через них проходять важливі транспортні коридори міжнародного значення, що створює як соціально-економічні переваги, так і додаткові екологічні виклики, пов'язані із забрудненням атмосферного повітря, шумовим навантаженням та ризиками транскордонного перенесення забруднювачів.

На території області розташована найвища вершина України - гора Говерла (2061 м над рівнем моря), яка є важливим природоохоронним та туристичним об'єктом. Значна частина високогірних територій входить до складу природно-заповідного фонду, включаючи Карпатський біосферний заповідник та низку національних природних парків. Ці території відіграють ключову роль у збереженні рідкісних видів флори і фауни, підтриманні екологічної рівноваги та формуванні сприятливого стану довкілля [97, 98].

Екологічний стан Закарпатської області загалом оцінюється як відносно сприятливий порівняно з більшістю промислових регіонів України. Це обумовлено відсутністю великих промислових підприємств із значними обсягами викидів забруднюючих речовин та значною часткою природних і напівприродних ландшафтів. Разом із тим актуальними екологічними проблемами залишаються поводження з твердими побутовими відходами, локальне забруднення водних об'єктів, незаконні рубки лісу, деградація окремих гірських екосистем, наслідки кліматичних змін та зростання частоти екстремальних гідрометеорологічних явищ.

Особливе значення для забезпечення екологічної безпеки регіону мають водні ресурси. Через територію області протікають численні річки басейну Тиси, які мають транскордонний характер. Тому питання охорони поверхневих

вод, попередження забруднення та мінімізації наслідків паводків належать до пріоритетних напрямів екологічної політики області. Важливою складовою екологічної безпеки є також розвиток системи моніторингу стану довкілля та реалізація природоохоронних заходів у межах міжнародних програм співробітництва [99].

В адміністративно-територіальному відношенні відповідно до реформи децентралізації в Закарпатській області утворено 64 територіальні громади та 6 районів: Ужгородський, Мукачівський, Берегівський, Хустський, Тячівський і Рахівський. В області налічується 608 населених пунктів, з яких 214 мають статус гірських. Така структура визначає особливості управління природними ресурсами та потребує впровадження комплексного підходу до забезпечення екологічної безпеки на місцевому рівні (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 - Адміністративні одиниці Закарпатської області

Адміністративно-територіальні одиниці	Площа, тис. км ²	Населення, тис. сіб	Щільність, осіб на км ²
Берегівський р-н	1,5	209,2	141
Ужгородський р-н	2,4	255,8	108,4
Мукачівський р-н	2,1	254,6	124
Рахівський р-н	1,8	82,8	43
Тячівський р-н	1,9	185,3	99,2
Хустський р-н	3,2	269,1	97,8
Всього	12,777	1242,6	97,34

Закарпатська область є одним із найбільш екологічно цінних регіонів України, де зосереджені значні природні ресурси, унікальні гірські екосистеми та об'єкти природно-заповідного фонду. Збереження екологічної рівноваги, підвищення рівня екологічної безпеки, адаптація до змін клімату та забезпечення сталого природокористування є ключовими завданнями для подальшого розвитку регіону [92, 93].

Фізико-географічні умови регіону та їх значення для забезпечення екологічної безпеки. Східнокарпатський флористичний округ розташований у межах Карпатської гірської країни на заході України та охоплює значну

частину Українських Карпат - одного з найбільш цінних природних регіонів держави. Українські Карпати є складовою Східних Карпат і включають Зовнішні та Внутрішні Східні Карпати. Їхня протяжність від верхів'їв річки Сян до витоків річки Сучава становить близько 280 км, ширина перевищує 110 км, а загальна площа сягає понад 24 тис. км². Гірські хребти, розділені міжгірськими улоговинами та глибокими річковими долинами, простягаються переважно з північного заходу на південний схід, формуючи складну ландшафтну структуру та значне різноманіття природних екосистем [97].

Територія досліджуваного регіону охоплює області Вулканічних Карпат, міжгірських улоговин та Закарпатської низовини. Таке поєднання різних фізико-географічних зон сприяє формуванню високого рівня біорізноманіття, різноманітності ландшафтів та значного природно-ресурсного потенціалу. Водночас складні природні умови визначають підвищену чутливість екосистем до антропогенних навантажень і кліматичних змін, що обумовлює необхідність впровадження ефективних заходів екологічної безпеки та охорони навколишнього природного середовища.

Особливе значення для підтримання екологічної рівноваги мають річкові системи басейну Тиси, Тересви, Терєблї, Рїки, Боржави та Ужа. Водні ресурси регіону забезпечують функціонування природних екосистем, господарську діяльність населення та виконують важливі екосистемні функції. Оскільки більшість річок мають транскордонний характер, їхній екологічний стан безпосередньо впливає на природне середовище сусідніх держав. У зв'язку з цим питання захисту водних ресурсів від забруднення, регулювання антропогенного навантаження на водозбірні басейни та мінімізації ризиків паводків належать до пріоритетних напрямів забезпечення екологічної безпеки регіону [100].

Гірські ландшафти Українських Карпат виконують важливі природоохоронні функції. Лісові екосистеми забезпечують регулювання водного режиму території, попередження ерозійних процесів, захист ґрунтів від деградації, накопичення вуглецю та підтримання сприятливого кліматичного

балансу. Вони також є природним бар'єром для розвитку небезпечних геологічних процесів, таких як зсуви, селеві потоки та паводки. Збереження лісового покриву та відновлення порушених екосистем є важливими умовами підтримання екологічної стабільності Карпатського регіону.

Важливим чинником розвитку території є транспортна інфраструктура. Через Закарпатську область проходить міжнародний транспортний коридор №5, який включає автомобільні та залізничні магістралі європейського значення. Розвинена транспортна мережа сприяє економічному розвитку регіону та міжнародному співробітництву, однак одночасно створює додаткові екологічні ризики, пов'язані зі збільшенням викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря, шумовим навантаженням, забрудненням ґрунтів і поверхневих вод. У зв'язку з цим важливого значення набуває впровадження сучасних природоохоронних технологій, розвиток екологічно безпечного транспорту та систем моніторингу стану довкілля [101, 102, 103].

Планувальна структура регіону також передбачає розвиток гірсько-рекреаційних комплексів у Тячівському та Рахівському районах. Рекреаційне природокористування є перспективним напрямом соціально-економічного розвитку Закарпаття, однак його розширення повинно здійснюватися відповідно до принципів сталого розвитку та екологічної безпеки. Надмірне рекреаційне навантаження може призводити до порушення природних комплексів, деградації ґрунтового покриву, зменшення біорізноманіття та погіршення стану водних ресурсів.

На території Закарпатської області розташована Закарпатська низовина, яка є частиною Середньодунайської низовини. Її абсолютні висоти становлять близько 120 м над рівнем моря, що суттєво відрізняє її від прилеглих гірських територій. Низовинна частина області характеризується високим рівнем освоєння земельних ресурсів та значною концентрацією населення. Це зумовлює необхідність раціонального природокористування, контролю за станом атмосферного повітря, поверхневих і підземних вод, а також впровадження ефективної системи управління відходами [111].

Таким чином, фізико-географічні умови Закарпатського регіону формують унікальний природний комплекс, який має важливе екологічне, природоохоронне та соціально-економічне значення. Збереження природних екосистем, охорона водних ресурсів, підтримання лісистості території, мінімізація антропогенного впливу та впровадження сучасних механізмів екологічного управління є ключовими передумовами забезпечення екологічної безпеки та сталого розвитку регіону.

3.2. Природно-кліматичні умови Закарпатської низовини

3.2.1. Кліматичні умови

Територія Закарпатської області характеризується складними кліматичними умовами, які формуються під впливом географічного положення, особливостей рельєфу та гірської системи Українських Карпат. Карпатські гори займають південно-західну частину України та суттєво впливають на формування регіонального клімату, створюючи специфічний гірський клімат із чітко вираженою вертикальною поясністю. З підвищенням абсолютної висоти місцевості спостерігається зниження температури повітря, збільшення вологості та кількості атмосферних опадів, що обумовлює значну просторову диференціацію природних умов та особливостей функціонування екосистем.

Карпатська гірська система виконує важливу кліматорегулюючу функцію, слугуючи природним бар'єром для проникнення холодних арктичних повітряних мас із північного сходу та сходу. Завдяки цьому на території Закарпаття сформувалися м'якші температурні умови порівняно з прилеглими районами Прикарпаття. Такі кліматичні особливості сприяють розвитку багатих лісових екосистем, які виконують важливі природоохоронні функції та забезпечують підтримання екологічної рівноваги регіону [104, 105].

Закарпатська область належить до зони континентально-європейського клімату та поділяється на дві основні кліматичні частини: Закарпатську

низовину з помірно теплими і вологими умовами та гірську частину Українських Карпат із вираженою вертикальною кліматичною зональністю. За метеорологічними особливостями виділяють три основні кліматичні райони: дуже теплий і достатньо зволожений район низовинної частини, теплий і надзвичайно вологий район передгір'я та надмірно вологий гірський район, який включає помірно теплий, прохолодний і холодний підрайони.

Незважаючи на загалом високий рівень зволоження території, кліматичні умови регіону можуть створювати передумови для виникнення пожеж у природних екосистемах. Особливо небезпечними є тривалі бездощові періоди у весняно-літній сезон, які супроводжуються підвищенням температури повітря, зниженням відносної вологості та висушуванням лісової підстилки, сухої трав'яної рослинності й поверхневих шарів ґрунту. У таких умовах навіть незначне джерело займання може спричинити виникнення лісових, лучних або чагарникових пожеж.

Найбільший рівень пожежної небезпеки характерний для низовинних та передгірських територій області, де у весняний період поширеним явищем залишається випалювання сухої рослинності на сільськогосподарських угіддях і необроблюваних землях. За наявності вітру вогонь швидко поширюється на прилеглі природні екосистеми, що призводить до деградації рослинного покриву, загибелі представників флори і фауни, погіршення стану атмосферного повітря та втрати біорізноманіття [106].

Особливу роль у формуванні пожежної небезпеки відіграє тривалість сонячного сьйва та радіаційний баланс території. Середня тривалість дня в Закарпатській області становить близько 8,5 годин узимку та до 15,5 годин у літній період. Найвищі значення сумарної сонячної радіації та радіаційного балансу спостерігаються в липні, що сприяє інтенсивному нагріванню поверхні ґрунту та зменшенню вологості рослинних горючих матеріалів. У поєднанні з високими температурами повітря це може підвищувати ризик виникнення природних пожеж, особливо під час тривалих посушливих періодів.

В останні десятиліття вплив кліматичних змін на території Українських Карпат проявляється у збільшенні середньорічних температур, зростанні частоти хвиль спеки та зміні режиму випадання атмосферних опадів. Такі тенденції можуть сприяти подовженню пожежонебезпечного періоду та збільшенню кількості випадків загоряння природних екосистем. Особливо вразливими є лісові масиви, торфовища, лучні та чагарникові угруповання, які в умовах дефіциту вологи накопичують значну кількість сухої горючої біомаси.

Пожежі в природних екосистемах є важливим чинником екологічної небезпеки, оскільки призводять до знищення рослинного покриву, порушення структури ґрунтів, втрати біорізноманіття, погіршення якості атмосферного повітря та збільшення викидів парникових газів. Крім того, після проходження пожеж значно зростає ризик розвитку ерозійних процесів, селів та паводків у гірських районах через зниження водоутримувальної та ґрунтозахисної функцій рослинного покриву.

Таким чином, кліматичні особливості Закарпатського регіону суттєво впливають на формування пожежної небезпеки природних екосистем. Врахування кліматичних чинників під час оцінювання ризиків виникнення пожеж, організації моніторингу стану довкілля та планування природоохоронних заходів є необхідною умовою забезпечення екологічної безпеки та збереження природних комплексів Українських Карпат.

Карта радіаційного фону Закарпатської низовини наведено на рис. 3.1.

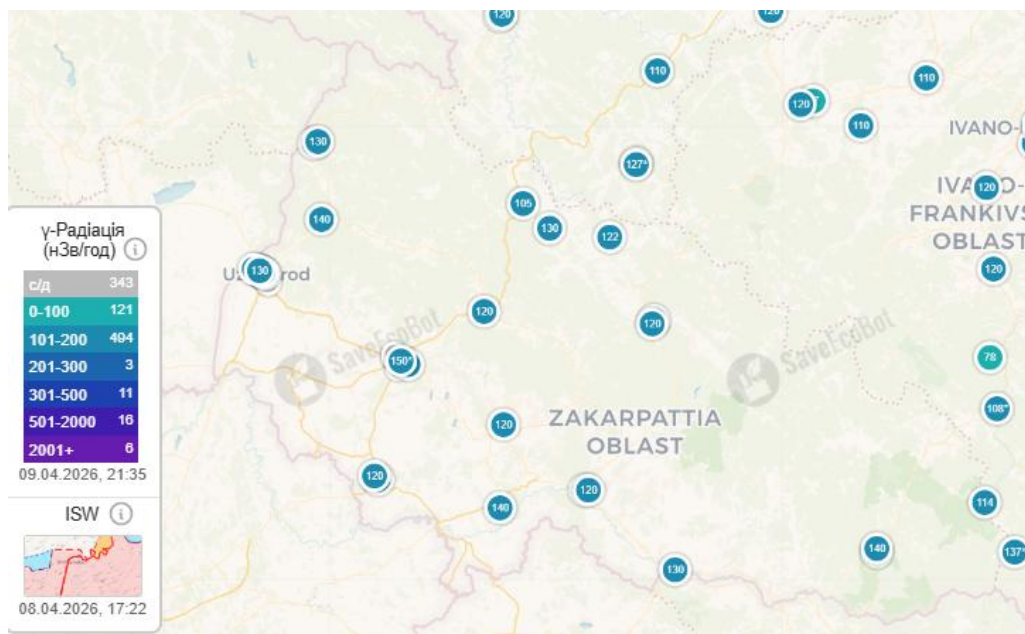


Рисунок 3.1 - Радіаційний фон Закарпатської низовини

(<https://www.saveecobot.com/radiation-maps#8/48.337/24.450/gamma/ara+arc+clua+crc>)

Закарпатська область перебуває під впливом західного переносу повітряних мас переважно з Атлантичного океану, рідко - континентального повітря зі сходу, тут переважав морське повітря помірних широт.

На території області налічується 284 родовища із 26 видами різноманітних корисних копалин. З них: 12 родовищ газів, 4 - вугілля бурого, 3 - ртуті, 4 - кольорових (свинець, цинк), 4 - дорогоцінних металів, (золото, срібло,) 4 - гірничорудні (каолін, глина бентонітова), 4 - гірничохімічної сировини, (сіль, барит сировина мінеральних фарб та для вапнування кислих ґрунтів), 179 - будівельних матеріалів, у тому числі 81 - сировини цегельно-черепичної, 50 - каменю будівельного, 22 - каменю облицювального, 5 - каменю пиляного, 8 - піску, 3 - глини тугоплавкої, 3 - перліту, 1 - сировини скляної, 2 - суміші гравійно-піщаної, 1 - сировини керамзитової [107].

Температура повітря. Термічний режим залежить від радіаційних факторів та властивостей повітряних потоків, що надходять на дану територію. Значну роль відіграє підстилаюча поверхня, рослинність та сніговий покрив.

У холодні періоди року грають роль циркуляційні процеси, у зв'язку з чим відбувається часта зміна повітряних мас та температура холодного сезону відрізняється більшою нестійкістю. Для зимового сезону характерні тумани і відлиги, при яких добова температура зростає до 5°C.

У літній період циклонічна діяльність затухає, температура стає більш стійкою. Головну роль грає місцева трансформація повітряних мас. Зміна температури залежить від форми рельєфу, крутості схилів і їх експозиції.

Вертикальний градієнт середньомісячної температури (на 100 м) для області складає у середньому в січні 0,5°C та в липні 0,7°C. Річний вертикальний градієнт коливається в межах 0,6°C [108, 109].

Середньорічна температура повітря є від +7,3°C для м. Рахова до +9,9°C для м. Берегово, найхолоднішого місяця січня - від -3°C для м. Рахова до -5°C для м. Хуста, а найтеплішого липня - від +17°C для м. Рахова до +20°C для м. Берегово (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 - Середньомісячна і середньорічна температура повітря, Закарпатської області, °C

№ п/п	Метео-станція	Місяць												Рік
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1.	Берегово	-3	0	5	11	16	19	20	20	16	10	5	0	9,9
2.	Хуст	-5	-1	4	10	15	18	19	19	15	9	4	-1	8,7
3.	Рахів	-4	-2	2	8	13	16	17	16	13	8	3	-2	7,3
4.	Перечин	-3	-2	2	6	12	17	19	18	15	9	4	-2	7,2

Найхолодніший місяць року - січень, для якого середньомісячна температура повітря складає -8°C. Найбільш різкі значення температури обумовлені вторгненням холодного повітря із північних широт з подальшим охолодженням в стаціонарних антициклонах. При таких процесах температура повітря в окремі дні на півночі району знижується до -38°C, а на півдні до -25°C, -26°C [109]. Дані про абсолютний мінімум температури повітря по трьох метеостанціях Закарпатської області наведені нижче (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 - Абсолютний мінімум температури повітря, на території
Закарпатської області, °С

№ п/п	Метео- станція	Місяць												Рік
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1.	Берегово	-33	-28	-20	-7	-1	1	7	5	-3	-9	-23	-27	-32,5
2.	Хуст	-31	-29	-24	-12	-1	2	6	5	-3	-7	-20	-29	-31,0
3.	Рахів	-29	-24	-22	-11	-3	0	5	3	-5	-15	-20	-25	-29,1
4.	Перечин	-28	-25	-22	-12	-4	1	5	6	-6	-14	-20	-24	-28,5

Найтепліший місяць липень. Виключно високі значення температури в окремі дні можуть досягати 40-41°С в Закарпатті у зв'язку із захищеністю від північних та північно-східних холодних течій. Дані про абсолютний максимум температури повітря по трьох метеостанціях області є нижче (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 - Абсолютний максимум температури повітря, на території
Закарпатської області, °С

№п/п	Метео- станція	Місяць												Рік
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1.	Берегово	13	18	26	30	32	34	37	38	36	27	22	16	38,3
2.	Хуст	12	17	28	31	32	36	36	38	32	28	21	18	38,0
3.	Рахів	11	17	24	29	30	32	34	36	35	27	21	17	36,3
4.	Перечин	12	16	23	28	31	33	34	35	33	28	20	16	36,1

За початок весни приймається стійкий перехід середньодобової температури повітря через 0°С. Це здійснюється у регіоні у третій декаді лютого. Перехід середньодобової температури через 5°С восени спостерігається в другій-третьій декаді березня.

Осінній перехід середньодобової температури повітря через 5°С в області здійснюється в першій декаді листопада.

Настання зимового періоду пов'язано з переходом середньодобової температури повітря через 0°С. Такий перехід на території Закарпатської області відбувається у кінці листопада - на початку грудня.

Переважаючі вітрові потоки. Режим вітрів тісно пов'язаний із сезонними змінами атмосферної циркуляції. У західній частині країни в

холодну пору року панівними є вітри із заходу. У напрямку на схід їхня повторюваність зменшується.

Протягом року переважає вітер південного і південно-східного напрямів. Лише в період з травня по серпень трохи більшу повторюваність має вітер північно-західного напрямку. Швидкість вітру порівняно невелика і річний хід її виражений слабо. Близько 35% днів у календарному році бувають зі штилем. Середня річна швидкість вітру у Закарпатській області коливається від 2,2 до 2,5 м/с [109].

Карта якості повітря Закарпатської низовини наведено на рис. 3.2.

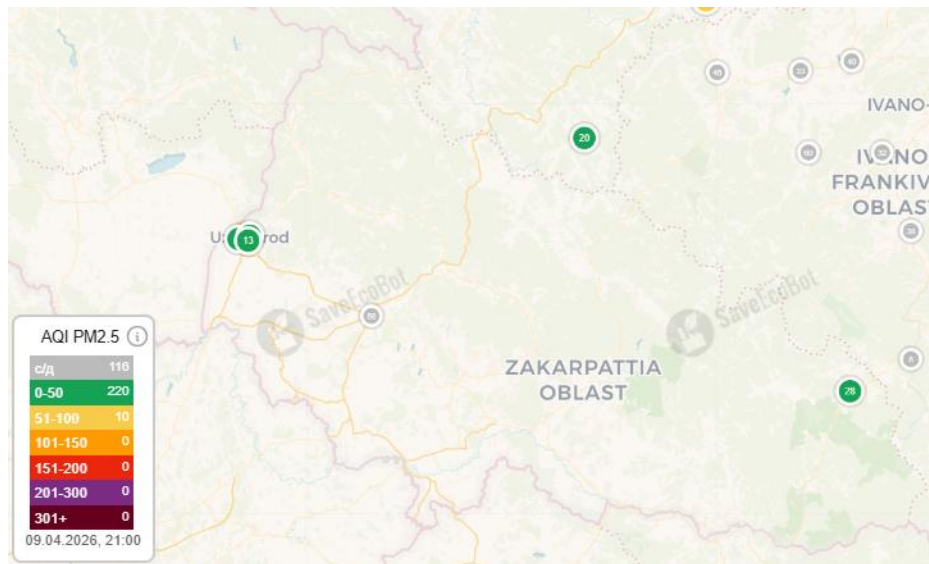


Рисунок 3.2 - Карта якості повітря Закарпатської низовини
(<https://www.saveecobot.com/maps#8/49.108/25.648/aqi>)

У низинних районах взимку переважає південно-східний вітер, навесні - південно-східний та північно-східний, влітку - північно-західний, північно - східний, а восени - південно-східний.

Опади. Одним із важливих елементів формування гідрологічного режиму, особливо стоку, є опади.

На досліджуваній території кількість опадів зменшується у напрямі із заходу та північно-заходу на схід та південно-схід. У Закарпатській області порівняно велика кількість опадів знаходиться в інтервалі від 700 до 1200 мм з

максимумом у червні (біля 100 мм); найсухішим місяцем тут є березень, коли опади не перевищують 57 мм.

Опади по території розподіляються нерівномірно. У низинних районах їх річна кількість становить 700-800 мм, у передгірних 900-1100 мм, а на високих гірських хребтах та в гірських долинах до 1500 мм [110].

Територія Закарпатської області по географічному положенню і кліматичним умовам, відноситься до зони розвинутої зливової діяльності, де на протязі року неодноразово випадає за короткі терміни 100 мм опадів і більше. Опади у регіоні на протязі року обумовлюються циклонічною діяльністю (табл. 3.5).

Таблиця 3.5 - Середньомісячна і середньорічна сума опадів на території Закарпатської області, мм

№	Метео-станція	Місяць												Рік
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1.	Берегово	49	40	44	45	69	86	79	72	46	43	52	62	687
2.	Хуст	91	74	75	67	103	120	103	104	71	73	96	118	1095
3.	Рахів	81	73	75	84	118	141	132	114	66	76	99	113	1197
4.	Перечин	82	75	70	80	112	125	130	115	70	79	90	115	1150

Вологість повітря. Вологість повітря і її розподіл по території залежить від температурних і циркуляційних особливостей описуваної території, а також істотним є вплив рельєфу місцевості. У зв'язку з цим вологість повітря істотно змінюється з півночі на південь та із заходу на схід.

У таблиці наведені дані середньомісячної і середньорічної відносної вологості повітря у відсотках на досліджуваній території (табл. 3.6).

Таблиця 3.6 - Середньомісячна та середньорічна відносна вологість повітря на території Закарпатської області, %

№	Метео-станція	Місяць												Рік
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1.	Берегово	83	81	72	65	66	68	68	70	72	75	81	84	74
2.	Хуст	86	84	71	62	63	66	65	70	76	82	88	90	75
3.	Рахів	81	77	69	64	67	72	74	79	85	84	85	86	77
4.	Перечин	82	79	70	67	68	75	77	80	86	84	87	88	79

Кількість водяного пару в повітрі змінюється по сезонах року та по території. Зимою, у зв'язку з низькими температурами повітря, абсолютна вологість характеризується найменшими значеннями. У Закарпатській області абсолютна вологість збільшується до 4,0-5,5 г/м³. Найбільше її значення припадає на найжаркіший місяць - липень (13,0-16,0 г/м³).

Максимальна відносна вологість (80-87%) спостерігається взимку, мінімальна (63-77%) весною. У річному ході відносна вологість не має різко виражених максимуму й мінімуму. У добовому ході хмарність зменшується в нічні, а збільшується в передранкові години [110]. В вересні-жовтні відбувається зменшення абсолютної вологості на 2-3 г/м³ за місяць. Річні величини абсолютної вологості зменшуються в середньому за рік до 6,5-8,5 г/м³. Середня відносна вологість за рік розподіляється по території більш рівномірно, ніж сезонна.

На початку бездощів'я, що настає безпосередньо за дощовим періодом, його ознаки істотно не виражені і не мають небезпечних властивостей. За тривалої відсутності дощів, у середньому на десятий день, формується сталий режим підвищеної температури і зниженої відносної вологості повітря. З цього часу бездощовий період вважається посушливим.

Засобами зменшення негативного впливу бездощових та посушливих періодів є зміна структури й властивостей підстильної поверхні шляхом відповідного обробітку ґрунту, застосування захисних посівів, лісомеліоративними заходами, зрошуваним землеробством. У кожному випадку необхідне відповідне агрокліматичне обґрунтування фізичних і статистичних характеристик бездощових і посушливих періодів.

Сніговий покрив. Живлення основних рік Закарпатської області і їх приток змішане: снігове та дощове.

Сніговий покрив у горах встановлюється у першій декаді листопада, на низині та в передгір'ї - в першій декаді грудня. У області сніг випадає на початку січня. У роки з раннім похолоданням сніговий покрив з'являється на 1-

2 декади раніше середніх дат, а в роки з теплою зимою - на 1-1,5 місяця пізніше. Під впливом відлиги сніговий покрив протягом зими 2-3 рази тане.

У гірських долинах сніговий покрив тримається в середньому 90-100, найбільше 128 і найменше 60 днів. На високогір'ї сніг лежить до 5 місяців.

Тривалість залягання стійкого снігового покриву у Закарпатській області триває не менше 2 місяців. Руйнування стійкого снігового покриву починається в середині лютого. Остаточний схід снігового покриву у Закарпатській області відбувається в кінці березня - на початку квітня.

Висота снігового покриву розподіляється нерівномірно, так як рельєф території неоднорідний. Найбільші значення висоти снігового покриву досягають 30-40 см. Протягом зими висота змінюється. Так з моменту утворення і до лютого вона збільшується. На більшій частині території до кінця листопада висота снігового покриву складає 1-3 см [111].

Від листопада до грудня йде поступове наростання висоти снігового покриву до 13-15 см. Найбільш інтенсивне наростання відбувається у січні. До кінця січня висота снігового покриву у Закарпатській області є 13-18 см. До початку снігорозтавання найбільша висота снігового покриву Закарпатської області становить 8-17 см.

Максимальні запаси води в сніговому покриві перед початком весняного сніготанення досягає найбільших значень в останні числа лютого. У області середні із цих запасів складають понад 40 мм.

У гірських районах області часто виникають лавини після інтенсивних снігопадів і хуртовин, а також мокрі лавини, що утворюються під час відлиг. Найбільш лавинонебезпечними є Черногірський, Свидовецький, Боржавський, Краснянський, Марамороський гірські масиви.

На початку зими щільність снігового покриву складає 0,15-0,17 г/см³. До початку весняного снігорозтавання вона збільшується до 0,22-0,28 г/см³. В холодні зими, завдяки низькій температурі, зазвичай випадає сухий сніг, котрий лягає на землю нещільним шаром. Це сприяє збільшенню висоти снігового покриву, щільність же його на початок весняного снігорозтавання складає 0,10-

0,15 г/см³. У теплі зими часто випадає мокрий сніг із дощем, крім того, відлиги приводять до танення снігу. Таким чином, до кінця зими висота снігового покриву зменшується, а щільність досягає 0,30-0,40 г/см³ і більше [111, 112].

3.2.2. Геоморфологічні та геологічні характеристики

У геоморфологічній будові Закарпатської області чітко виділяються дві частини: рівнинна - Закарпатська низовина (абсолютні висоти 100-120 м) і гірська - Українські Карпати, що є частиною Карпатської гірської країни альпійської складчастості, сформованої у кайнозойську еру внаслідок насування Африканської плити на Євразійську та є частиною величезного Альпійсько-Гімалайського поясу складчастості. Формування рельєфу тут відбувалося при взаємодії двох протилежно спрямованих сил: внутрішніх (ендогенних) і зовнішніх (екзогенних). Гірські пасма мають переважно північно-західне простягання. З північного сходу на південний захід: відроги гірського масиву Горгани (абсолютні відмітки 1400-1800 м), Вододільно-Верховинський хребет (1000-1700 м), Полонинсько-Чорногорський хребет (1400-2000 м), що включає масив Чорногора із найвищою вершиною - горою Говерлою (2061 м) і хребет Свидовець, Рахівські гори (1196 м), Вигорлат-Гутинський або Вулканічний хребет (900-1000 (1081) м [111, 112].

Усі найвищі вершини - Говерла (2061 м - найвища точка України), Бребенескул (2038 м), Піп Іван Чорногорський (2028 м), Петрос (2020 м), Гутин Томнатик (2016 м), Ребра (2001 м) - зосереджені на масиві Чорногора.

Геологічна будова регіону представлена Карпатською покривно-складчастою структурою та Закарпатською западиною. Закарпатська западина виповнена неогеновими соленосними відкладами, глинами, пісками, андезитами, базальтами та туфами.

У межах області Українські Карпати утворюють три групи хребтів, що тягнуться з північного заходу на південний схід (рис. 3.3).

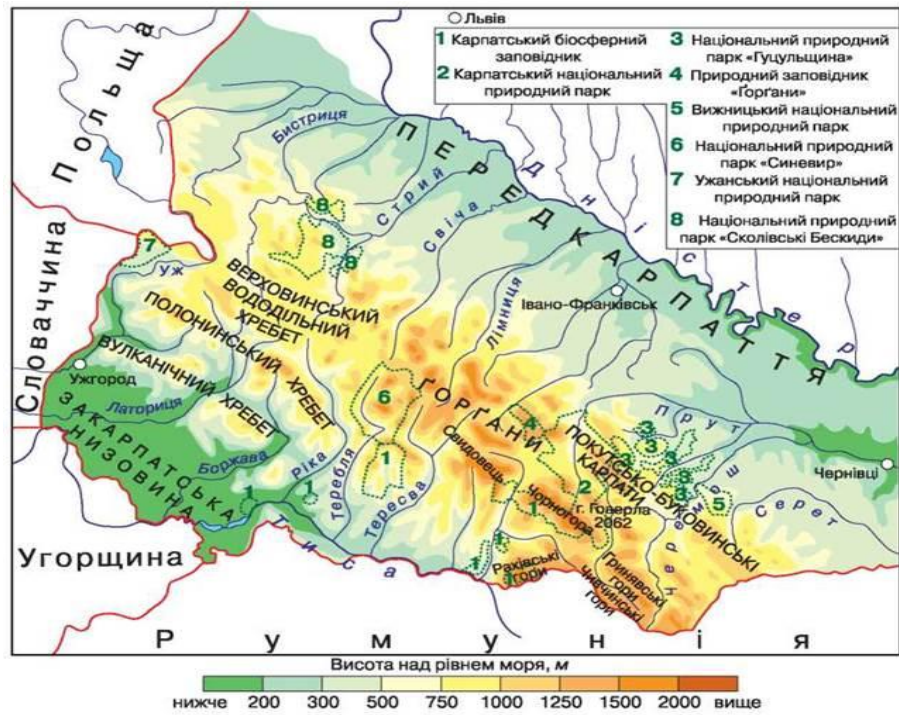


Рисунок 3.3 - Гірські ландшафти Українських Карпат і Закарпатської області

Північна межа області проходить по Водороздільному хребту, до складу якого входять Бескиди і Горгани з середніми висотами 1450-1500 м.

Південніше і майже паралельно тягнеться Полонинський хребет - найвищий і масивніший хребет Українських Карпат. Східним орографічним і тектонічним продовженням Полонинських гір є гірський масив Свидовець із діапазоном середніх висот 1600-1650 м. У центрі цього масиву знаходиться гора Говерла (2061 м) - найвища вершина Українських Карпат. Південніше Полонинських гір розташовані вулканічні гори - Вигорлат-Гутинської гряди [111, 112].

У східній частині Закарпатської області на південь від долини ріки Білої Тиси тягнеться ще один гірський масив, представлений Рахівським хребтом. Масив еродований, розчленований вузькими і глибокими ущелинами на декілька гряд. У рельєфі переважають гострі форми, круті схили, острівні вершини і гребні.

Головну роль у геологічній будові гірської місцевості відіграють крейдові, палеогенові і неогенові відклади представлені крейдовими мергелями, вапняками, пісковиками, алевролітами і аргілітами (флішова формація).

Рахівський кристалічний масив у геологічній будові представлений протерозой-палеозойськими гнейсами, гранітами, кварцитами і сланцями. Вулканічний хребет - глини, піски, андезити, базальти (ефузивно-осадова формація), гравій, галька, суглинки з включеннями гальки і валунів [97, 100].

Природні ландшафти Закарпатської області, як і всі Карпати, відзначається великою кількістю атмосферних опадів, отже, і значним поверхневим стоком атмосферних вод, з яких формуються ріки. Ріки розробляють долини, розмивають гірські породи, відкладаючи їх у долинах, утворюють заплави та тераси, на яких росте пристосована до таких умов рослинність, утворюються специфічні ґрунти, заселяють тварини [113].

Отже, у річкових долинах виникають цілком своєрідні природні територіальні (на заплавах і терасах) і природні аквальні (у річках, ставках і водосховищах) комплекси. Вони дуже різноманітні, але з певним наближенням їх можна згрупувати у три яруси: заплавно-нижньотерасовий, середньотерасовий і високотерасовий. Поширення їх по території області дуже нерівномірне. У гірських районах такі долинно-терасові місцевості займають підпорядковане місце по території, тоді як у низовинах вони абсолютно переважають і утворюють природні ландшафти.

Наприклад, Рахівський природний район поділяється Тисою на два ландшафти: а) *Білотисенський*, у структурі якого головну роль відіграють крутосхиліве лісисте середньогір'я, значно збезлісене поблизу таких населених пунктів, як Рахів, Ділове, Костилівка і б) *Росішківський* - крутосхиліве низькогір'я в поєднанні з плосковершинними міжрічковими вододілами. Даний ландшафт має важливе значення в рекреаційному відношенні, тому що через нього проходять численні туристичні і екологічні маршрути.

Рахівський природний район поширюється на однойменний кристалічний масив, що є західним закінченням Мармароського. Переважаючими ландшафтними ярусами тут є лісисті крутосхили із численними скелястими урвищами, шпилями, гребенями. Серед шпилів найбільшої висоти сягає Піп Іван Мармароський (1938 м). Певне місце займає ярус полонин.

Річки Закарпаття приурочені до Карпатської складчастої області, Передкарпатського передового прогину і області Закарпатської западини. Найдавнішими утвореннями, що залягають вище базису ерозії та впливають на формування рельєфу, є породи докембрійського віку [111].

До складу докембрійських порід Українського кристалічного щита входять різноманітні метаморфічні і вулканогенні утворення - гнейси, пісковики, кварцити, сланці, граніти, гранодіорити, габро, що володіють значною опірністю відносно факторів денудації. У Закарпатському прогині до сарматського ярусу відносяться вулканогенно-осадові і теригенні комплекси, складаючи Вигорлат-Гутинський хребет і ряд острівних пагорбів в Чоп-Мукачівській западині.

На південно-західній частині Полонинського хребта розміщений низькогірський і середньогірський вулканогенний хребет, розчленований на ряд масивів долинами ряду річок: Уж, Латориці, Боржави і Тиси. Для нього характерні такі форми рельєфу: осипища і кам'яні розсипища, зсуви, карстові форми, вулканічні конуси, давньольодовикові форми.

Закарпатська низовина, що займає 35% всієї площі водозбору, представляє собою рівнину з окремими гривами і бугристими підняттями, улоговинами та впадинами, місцями заболоченими.

До рівнинного рельєфу Закарпатської низовини належать: ерозійно-аккумулятивні горбисті підвищені рівні, заплави і низькі тераси річкових долин.

Гірський рельєф включає: складчасто-покривні та складчасті середньогір'я Українських Карпат, складчасто-покривні плосковершинні середньогір'я, складчасто-брилові гостровершинні середньогір'я, блокові скельові низькогір'я, складчасто-ерозійні верховинські низькогір'я та вулканічні низькогір'я.

3.2.3. Ґрунти та рослинність регіону дослідження

Ґрунтовий покрив області дуже різноманітний. В межах басейнів великої

кількості рік розміщуються дернові супіщані та суглинкові, буроземно-підзолисті, дерново-буроземні, лучно-буроземні, бурі гірсько-лісові щебенюваті, гірські лучно-буроземні типи ґрунтів.

Бурі гірсько-лісові ґрунти. Бурі гірсько-лісові ґрунти, що покривають більшу частину території басейну, утворилися під деревною рослинністю на схилах різної крутизни, на добре дренованих щебенистих ґрунтоутворюючих породах різного механічного складу та походження. В умовах однакової дренованості на схилах, внутрішні властивості бурих лісових ґрунтів змінюються із збільшенням ступеня промивання, що визначається зміною кліматичних умов. За фізико-хімічними властивостями і змістом рухомих елементів бурі гірсько-лісові ґрунти різко відрізняються від ґрунтів рівнинної системи: вони мають сильну кислотну реакцію малообмінних основ, зовсім малу кількість рухомого і соляно-кисло розчинного фосфору при значному вмісті в той же час перегною і рухомих азоту й калію, характерні для усіх бурих гірсько-лісових ґрунтів Закарпатської області [92, 93].

Дерново-буроземні і лучно-буроземні ґрунти. Дерново-буроземні і лучно-буроземні ґрунти, займаючи другорядне значення, залягають також на високих заплавах річок в горах і передгір'ях на алювіальних відкладах та містять 4,87% перегною. Відмінна здатність цих ґрунтів - високий вміст рухомого фосфору і висока ефективна родючість. Ці ґрунти на широких заплавах і на надзаплавних терасах річок в горах і в Закарпатському передгір'ї представляють дуже цінний фонд орних земель. На полонинах поширені дерново-буроземні ґрунти з глибоким темним дерновим горизонтом (15-20 см). Тут вони бувають часто поверхнево-оглеєні під трав'янистою рослиною - білоусом, у багатьох місцях - кам'яністі. Дерново-буроземні ґрунти характеризуються присутністю верхнього темно-бурого гумусового горизонту до глибини 36 см і більше, і навіть перехідний горизонт буває пофарбований частково або повністю у темний колір. Такі ґрунти мають чорноземовидний профіль, містять 5-6% перегною. Залягають у нижніх частинах схилів і на вододільних плоских вершинах у всіх вертикальних поясах і на будь-яких

породах - осадових і вулканічних. Дані ґрунти відносяться до кращих для сільськогосподарського використання [92, 93].

Гірські лучно-буроземні ґрунти. Дані ґрунти займають невелику територію на півночі басейну річки Уж. Їх формування відбувалося під лучною та чагарниковою рослинністю. За будовою свого профілю ці ґрунти нагадують неглибокі або середньоглибокі буроземи глибиною 5-8 см. Вміст гумусу ґрунтів становить 7-10%, а іноді і до 15%. Вони мають високу актуальну і гідролітичну кислотність, а обмінна кислотність обумовлена рухомим алюмінієм, кількість якого у гумусовому горизонті складає 20-60 мг на 100 г ґрунту. Ґрунти порівняно добре забезпечені азотом, що пов'язано з високим вмістом в них органічних речовин, слабо - фосфором і калієм [92, 93].

Буроземно-підзолисті ґрунти. Ґрунти невеликою мірою поширені на півдні району. Вони утворились на досить глибоких товщах делювіальних і давніх алювіальних переважно не щебенистих відкладів. На їх формування вплинуло два процеси ґрунтоутворення: буроземний, під впливом лісової рослинності і псевдопідзолистий, обумовлений надмірним зволоженням і поверхневим оглеєнням, яке зумовлює відновлення окисного заліза.

Профіль буроземно-підзолистих ґрунтів має значну глибину та виразно диференційований на генетичні горизонти. До глибини 15-20 см залягає гумусно-елювіальний горизонт, часто із вираженими ознаками оглеєння, сіро-бурого кольору, розпилений, пухкий, середньо суглинистий. Будова ґрунтового профілю і властивості його горизонтів спричинюють незадовільний водно-повітряний режим ґрунтів. Вони швидко насичуються вологою, а надлишок опадів утворює поверхневий стік, який зумовлює змив та розмив верхніх горизонтів. Не випадково ґрунти цього типу найбільш піддаються водній ерозії. Буроземно-підзолисті ґрунти відносять до малогумусової групи.

Дернові супіщані та суглинкові ґрунти. Дані ґрунти займають невелику територію на півдні району. Для їх формування необхідні добра фільтраційна здатність, достатня кількість опадів для створення промивного режиму і кисла реакція ґрунтової вологи, що сприяє вимиванню поживних речовин.

Такі умови забезпечуються ґрунтоутворюючими породами суглинкового і супіщаного складу, поширенням соснових лісів, хвоя яких сприяє підкисленню вологи у ґрунті, та регулярним випаданням дощів. Низька вбираюча здатність супіщаного і суглинкового субстрату не сприяє засвоєнню поживних речовин, а тому такі ґрунти мають мало гумусу, низьку родючість і відносяться до найбільш бідніших. Вони займають середні висотні рівні - низькі межиріччя, що зайняті під ріллею [97, 100].

Ґрунтовий покрив впливає на елементи гідрологічного режиму. Зокрема, механічний склад ґрунтів визначає їх фільтраційні якості. У свою чергу це впливає на умови формування поверхневого і підземного стоку. Характер ґрунтів позначається на умовах формування стоку наносів. Водонепроникність підстильного шару здебільшого невелика. Це є одним із чинників того, що ґрунти регіону відзначаються високою водонасиченістю. Водночас це сприяє слабкій стійкості лісу проти вітровалів [92, 93].

3.2.4. Гідрографічна мережа регіону дослідження

В межах території України басейн річки Тиси практично збігається з площею Закарпатської адміністративної області, займаючи 12,76 тис. км². На території України знаходиться верхня, переважно правобережна частина басейну Тиси, що лежить на південно-західних схилах Українських Карпат та на Закарпатській низовині.

Основними притоками річки Тиси на території України є Біла Тиса (ліва притока), Чорна Тиса, Косівська, Шопурка, Апшиця, Тересва, Теремля, Ріка, Боржава (праві притоки). До басейну Тиси також належать Латориця та Уж з їх притоками, які беруть свій початок на схилах Українських Карпат, але впадають в Тису вже за межами України [110].

Карта якості води Закарпатської низовини наведено на рис. 3.4.

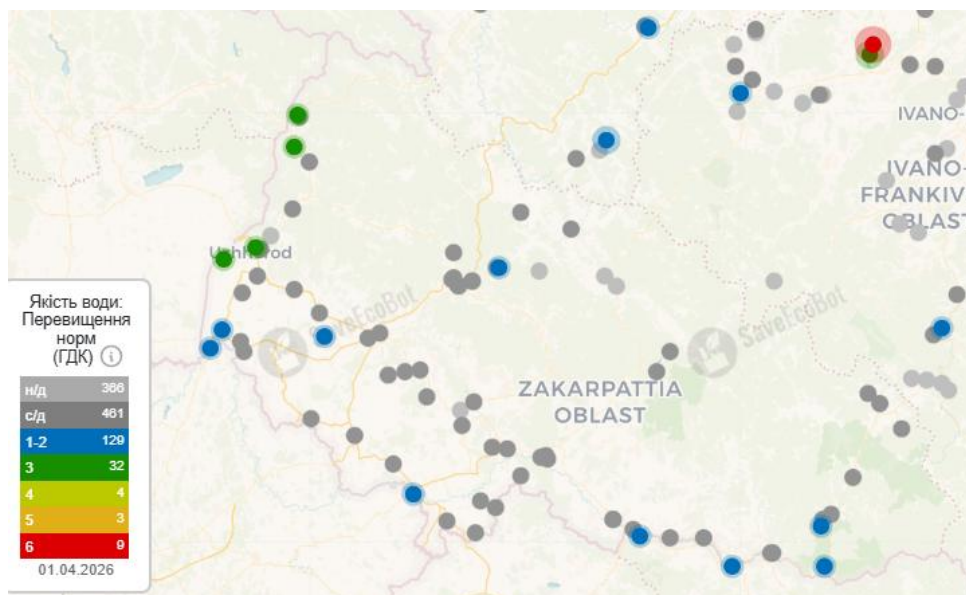


Рисунок 3.4 - Карта якості води Закарпатської низовини (<https://www.saveecobot.com/water-maps#8/49.108/25.648/water>)

Для річок басейну Тиси в межах України характерні мішане живлення, значний відсоток стоку у весняний період - 40%, звивистість русла, пороги, значні похили, V-подібна будова русла, при виході на Закарпатську низовину - долини розширюються, набуваючи трапецієвидної форми, русла стають розгалуженими з численними островами.

У Закарпатській області розвідано понад 360 джерел мінеральних вод з різними хімічними та лікувальними властивостями. Мінеральні води, які можуть використовуватись з лікувальною метою, представлені близько 60 основними родовищами. Загалом із 205 родовищ мінеральних вод, освоєних в Україні, 38 основних родовищ маємо саме на Закарпатті. Найбільш ефективно використовуються Полянське, Свалявське, Голубинське родовища Мукачівського району, Шаянське Хустського району. В незначній мірі Соймівське Хустського району, Дравецьке Ужгородського району та Драгівське Хустського району. Мінеральні води використовуються для лікувальних цілей і промислового розливу. Свій потенціал мають регіони термальних вод, які наразі використовуються для організації відпочинку людей [110].

3.2.5. Рослинність регіону дослідження

Флора Українських Карпат, які входять до складу Східнокарпатського флористичного округу, нараховує 2012 видів. В межах означеної території території виділені наступні флористичні райони: Прикарпаття, Східні Бескиди і Низькі полонини, Горгани, Свидівець, Чорногора, Чивчино-Гринявські гори, Мармароські Альпи, Вулканічні Карпати, Закарпатське передгір'я. Територія Закарпатської області лежить у межах Центральноєвропейської широколистяно-лісової геоботанічної провінції з переважанням букових, рідше дубових, а в горах - хвойних лісів, субальпійської та альпійської рослинності. Видовий склад її дуже різноманітний: тут налічується понад 2 тис. видів рослин і серед них 26 загальнокарпатських, 74 східнокарпатських, 80 альпійських і 60 арктоальпійських видів [106, 113].

У складі високогірної флори (субальпійський і альпійський пояса) налічується 833 види, що складає 42% флори Українських Карпат. Типові бореальні і неморальні види: ялина звичайна (*Picea abies* (L.) H.Kart.), сосна гірська (*Pinus mugo* Turra.), бук звичайний (*Fagus sylvatica* L.). Для флори цього регіону приводяться 27 панкарпатських, 33 південно-східнокарпатських і 20 східнокарпатських ендемічних видів. Найціннішим видом природної рослинності, в тому числі тієї, що впливає на гідрологічний режим річок регіону, є лісові екосистеми [97, 100].

Закарпатська область характеризується найвищою серед регіонів України часткою земель, вкритих лісовою рослинністю - 51,5%, (середньодержавний показник - 15,9%). У лісопокритій площі 41% займає ялина звичайна (*Picea abies* (L.) H.Kart.), бук звичайний (*Fagus sylvatica* L.) - 35%, а решта порід покривають менші площі: дуб звичайний (*Quercus robur* L.) - 9%, граб звичайний (*Carpinus betulus* L.) - 4%. Такі породи, як береза повисла (*Betula pendula* Roth.), клен звичайний (*Acer platanoides* L.), ясен звичайний (*Fraxinus excelsior* L.), вільха чорна (*Alnus glutinosa* (L.) Gaerth.) - 6% лісопокритої площі.

Видовий склад лісів змінюється у відповідності до висотної поясності, властивої Українським Карпатам [106, 113].

Дещо вищою є залісненість басейнів річок області розрахована по постах, яка складає 55 %. На Закарпатській низовині наявні грабово-дубові та дубові ліси. Поширені тут луки слід вважати вторинними, оскільки вони виникли на місці вирубаних лісів та перелогів. Первинними природними луками є лише незначна частина заплавлених лук низовини. До стариць та улоговин річок Латориці і Боржави приурочені болотисті луки.

У Закарпатській області зосереджено майже 50% видів судинних рослин. Із флори Закарпаття під охорону взято близько 145 видів. Охорони за класифікацією IUCN (International Union for Conservation of Nature), потребують 16 таксонів. Аналіз сучасного стану флори Закарпаття виявив, що індивідуальної охорони потребують 485 таксонів (видів і підвидів), які належать до 81 родини і 260 родів, що становить 24,3% усіх судинних рослин регіону. У список рідкісних рослин лісових екосистем регіону включено 141 вид. Для території Закарпатської низовини виділені 50 рідкісних рослин. На території Закарпатської області існує велика кількість рослин, які занесені до “Червоної книги України”. Сюди відносять наступне видове різноманіття: тирлич жовтий (*Gentiana lutea* L.), собачий зуб справжній (*Erythronium dens-canis* L.), шафран карпатський (*Crocus heuffelianus* Herb.), тирлич безстеблій (*Gentiana acaulis* L.), тис звичайний (*Taxus baccata* L.), айстра альпійська (*Aster alpinus* L.), білоцвіт весняний (*Leucojum vernalis* L.), білоцвіт літній (*Leucojum aestivum* L.), сосна кедрова (*Pinus cembra* L.) [97, 100].

Присутнє наступні панкарпатські ендеміки: білотка альпійська (*Leontopodium alpinum* A. Nuet ex Hand.-Mazz.), костриця карпатська (*Festuca carpathica* F.Dietr.), королиця круглолиста (*Leucanthemum rotundifolium* DC.), грушанка карпатська (*Pyrola carpathica* Holub & Křisa), костриця карпатська (*Festuca carpathica* F.Dietr.), очиток карпатський (*Sedum carpathicum* G. Reuss), вечорниці білі (*Hesperis candida* L.), порічка карпатська (*Ribes carpathicum* Wulfen.), тоція карпатська (*Tozzia carpathica* Wol.), дзвоники карпатські

(*Campanula carpathica* Jacq.), гострокильник карпатський (*Oxytropis carpathica* Uechtr.), жовтозілля карпатське (*Senecio carpathicus* Herbich.).

Південно-східнокарпатські ендеміки: жовтяниця альпійська (*Chrysosplenium alpinum* Schur.), осот Вальдштайна (*Cirsium waldsteinii* Rouy.), гвоздика тонколиста (*Dianthus tenuifolius* Andrz.), борщівник карпатський (*Heracleum carpaticum* Porcius.), первоцвіт полонинський (*Primula poloninensis* (Domin) Fed.), жовтець карпатський (*Ranunculus carpaticus* Herbich.), фіалка відхилена (*Viola declinata* Waldst. et Kit.) [106, 113].

Східнокарпатські ендеміки представлені такими видами, як медунка Філярського (*Pulmonaria filarszkyana* Jav.), астрагал Крайни (*Astragalus krajinae* Domin.), дзвоники напівголовчасті (*Campanula subcapitata* Popov.), бузок карпатський (*Syringa josikaea* J. Jacq. ex Rchb.), чебрець найгарніший (*Thymus pulcherrimus* Schur.), чебрець альпійський (*Thymus alpestris* (Celak.) Tausch ex A. Kern.), волошка мармароська (*Centaurea marmarosiensis* (Jav.) Czerep.), підмаренник закарпатський (*Galium transcarpaticum* Stojko & Tasenk), приворотень Запаловича (*Alchemilla zapalowiczii* Pawl.).

Флорі Українських Карпат властивий цілий ряд доплейстоценових, або третинних, реліктів, зокрема клопогін європейський (*Cimicifuga europaea* Schipcz.), місячниця гірська (*Lunaria rediviva* L.), красавка белладонна (*Atropa belladonna* L.), скополія карніолійська (*Scopolia carniolica* Jacq.), кадило карпатське (*Melittis carpatica* (Klokov) P.W. Ball), монетниця угорська (*Soldanella hungarica* Simonk.), підбілик альпійський (*Homogyne alpina* (L.) Cass.), аспленій сколопендровий (*Asplenium scolopendrium* L.), ялівець козацький (*Juniperus sabina* L.), тис ягідний (*Taxus baccata* L.) [106, 113].

Разом з тим у флорі східнокарпатського регіона наявні релікти льодовикового періоду: гірчак живорідний (*Polygonum viviparum* (L.) Ronse Decr.), ломикамінь аїзоподібний (*Saxifraga aizoides* L.), ліннея північна (*Linnaea borealis* L.), (*Pinguicula alpina* L.), ситник каштановий (*Juncus castaneus* Sm.).

У складі різнотравних злакових луків серед злаків переважає костриця червона (*Festuca rubra* L.) і лучна (*Lolium pratense* (Huds.) Darbysh.), місцями - щучник дернистий (*Deschampsia cespitosa* (L.) P. Beauv), трясучка середня (*Briza media* L.), тонконіг лучний (*Poa pratensis* L.), мітлиця звичайна (*Agrostis capillaris* L.) рясно виростає також метлюг звичайний (*Apera spica-venti* (L.) P. Beauv), вівсюнець пухнастий (*Avenula pubescens* (Huds.) Dumort.), пахуча трава звичайна (*Anthoxanthum odoratum* L.), біловус стиснутий (*Nardus stricta* L.), медова трава вовниста (*Holcus lanatus* L.), гребінниця звичайна (*Cynosurus cristatus* L.).

Серед представників різнотрав'я найбільш рясними є жовтець багатоквітковий (*Ranunculus polyanthemos* L.) і повзучий (*Ranunculus repens* L.), щавель кислий (*Rumex acetosa* L.), королиця звичайна (*Leucanthemum vulgare* Lam.), вовче тіло болотяне (*Comarum palustre* L.), яглиця звичайна (*Aegopodium podagraria* L.), подорожник ланцетолистий (*Plantago lanceolata* L.), підмаренник болотний (*Galium palustre* L.), гірчак зміїний (*Persicaria bistorta* L.), перстач випрямлений (*Potentilla erecta* (L.) Hampe), зірочник злакоподібний (*Stellaria graminea* L.), волошка лучна (*Centaurea jacea* L.), костриця червона (*Festuca rubra* L.), щучник дернистий (*Deschampsia cespitosa* (L.) P. Beauv.), китник лучний (*Alopecurus pratensis* L.). У місцях з підвищеною зволоженістю поширені осока гостроподібна (*Carex acutiformis* Ehrh.), осока гостра (*Carex acuta* L.), ситник розлогий (*Juncus effusus* L.) [106, 113].

Часто домішуються осоки - жовта (*Carex flava* L.), просяна (*Carex panicea* L.) і бліда (*Carex pallescens* L.). Флористичне багатство таких луків - 45-50 видів, висота травостою - 50-60 см. Кожен із типів переважаючих лісів має свої особливості, які ґрунтуються на структурі екосистем, що формуються на їх основі.

Букові ліси. Більшу частину території займають букові ліси, які поширені в центральних та південних частинах району басейну на висоті 500-900 м н.р.м. Ґрунти під ними буроземні. Травостій різних асоціацій утворюють осока волосиста (*Carex pilosa* Scop.), підмаренник запашний (*Galium odoratum*

(L.) Scop.), квасениця звичайна (*Oxalis acetosella* L.), зеленчук жовтий (*Lamium galeobdolon* (L.)).

Дубові ліси. Вони складають близько 9% території лісів і поширені в північній частині на висоті від 150 до 550 м. Вони займають дерново-опідзолені ґрунти. Зустрічаються вони на вододілах і в заплавах.

Ярус підліска утворюють ліщина звичайна (*Corylus avellana* L.) або крушина ламка (*Frangula alnus* Mill.), рідше свидина криваво-червона (*Cornus sanguinea* L.). У травостої різних асоціацій панують осока волосиста (*Carex pilosa* Scop.), осока трясунковидна (*Carex brizoides* L.), яглиця звичайна (*Aegopodium podagraria* L.), зеленчук жовтий (*Lamium galeobdolon* (L.)), фіалка лісова (*Viola reichenbachiana* Jordan ex Boreau) [106, 113].

Ялинові ліси. Зустрічаються також ялинові ліси із ялини звичайної (*Picea abies* (L.) H. Kart.), місцями з домішками ялиці білої (*Abies alba* Mill.) та бука звичайного (*Fagus sylvatica* L.), розташовуються переважно в північних районах області. Вони зростають у діапазоні від 600 до 1000 м на схилах різних експозицій. Це угруповання, які приурочені до кислих, вилугуваних, часто опідзолених, переважно легкосуглинистих і суглинистих велико- та середньощербенистих буроземів.

Значний відсоток небезпеки в області становлять лісові пожежі. Найчастіше в області виникають лісові низові пожежі а ніж лісові верхові пожежі. Лісові низові пожежі характеризуються горінням сухого трав'яного покриву, лісової підстилки і підліску без захоплення крон дерев. Швидкість руху фронту низової пожежі становить від 0,3-1 м/хв (слабка пожежа) до 16 м/хв (сильна пожежа), висота полум'я - 1-2 м, максимальна температура на кромці пожежі досягає +900 °С [106, 113].

Лісові верхові пожежі розвиваються, як правило, з низових і характеризуються горінням крон дерев. При швидкій верховій пожежі полум'я розповсюджується з крони на крону з великою швидкістю, яка досягає 8-25 км/год, залишаючи деколи цілі ділянки незайманого вогнем лісу. При стійкій верховій пожежі вогнем охоплені не тільки крони, а й стовбури дерев. Полум'я

розповсюджується зі швидкістю - 5-8 км/год, охоплює весь ліс від ґрунтового шару до верхівок дерев.

3.3. Техногенно-екологічна характеристика Закарпатської області

За даними Департаменту цивільного захисту та оборонної роботи Закарпатської обласної державної адміністрації - обласної військової адміністрації, загальна кількість небезпечних ділянок, територій інженерних споруд у Закарпатській області - 321, у тому числі: 92-гідротехнічні споруди; 182-мости автодорожніх (великі і середні); 5-залізничних станцій; 28-залізничних мостів та віадуків; 14 тунелів. На території області, для забезпечення потреб електроенергетики, розташований гідровузол Теремля-Рікської ГЕС (паспортна потужність - 27 МВт) в склад якого входять: ТЕРЕБЛЕ-РІКСЬКЕ водосховище; Гребля Теремля-Рікської ГЕС [97, 100].

Теремлянське водосховище побудоване в 1956 році у високогірній зоні Карпат на р. Теремля. Виходячи з досвіду проходження паводків у районі нижнього б'єфу Теремлянського гідровузлу прийнято: Площа зони можливого затоплення - 6000 га; Кількість населення, що потрапляє у зону можливого затоплення - 35,4 тис.осіб; Кількість населених пунктів, що потрапляють у зону можливого затоплення 11 (3 села Хустського району, 7 сіл та 1 селище Тячівського району); Щільність населення у зоні затоплення, 3,4 тис.чол./га; Відсоток імовірної загибелі населення у зоні затоплення — 1,5%; Відсоток імовірного руйнування суб'єктів господарювання у зоні затоплення — 40%; Питома вартість суб'єктів господарювання у зоні затоплення - 0,039 млн.грн./га.

За час експлуатації Солотвинського родовища (більше 220 років) були збудовані та припинили своє існування, внаслідок затоплення, 7 шахт. До складу солерудника на даний час входять шахти № 8 та № 9. Шахта № 9 побудована у 1975 році, а в 2008 році була затоплена, загальний об'єм затоплених пустот по шахті складає 3,8 млн. м³. Поверхня шахтного поля знаходиться в стадії просідання, рівень води знаходиться на відмітці + 260,2 м,

тобто - 23,5 м від денної поверхні. Шахта № 8 побудована в 1886 році, експлуатація шахти припинена наприкінці 2010 року. Загальний об'єм відпрацьованих пустот - 9,98 млн. м³, з них затоплено приблизно 7 млн. м³.

Інтенсивний розвиток екзогенних геологічних процесів призвів до суттєвого погіршення навколишнього середовища та створює загрозу життю і здоров'ю людей на території шахтного поля і за його межами.

На території впливу гірничого відводу (зоні можливих просідань та деформації земної поверхні) розташовано 292 житлові будинки, об'єкти інфраструктури смт Солотвино (дві загальноосвітні школи, міська лікарня і поліклініка, Солотвинський водоканал, відділення електрозв'язку, частина підвідного газопроводу високого тиску, ділянка автомобільної дороги державного значення «Мукачєво-Рогатин») [93].

Невиконання запланованих технічних заходів призводить до суттєвого зростання об'ємів та площ карстових провалів і воронок на родовищі. Головним осередком розвитку небезпечних техногенно-геологічних явищ є територія впливу гірничих робіт ДП «Солотвинський солерудник» (шахт № 8 та № 9).

Аналіз параметрів карстово-суфозійних провалів на шахтних полях Солотвинського солерудника свідчить про те, що за період 2011-2019 років їх об'єми зросли більш ніж у 2 рази, площа зросла більш ніж у 1,5 рази. Динаміка цього процесу постійно зростає. Активізація розвитку техногенного карсту призводить до збільшення зон небезпечних деформацій денної поверхні, створює загрозу існуючій інфраструктурі селища та суттєво посилює небезпеку життєдіяльності населення. Внаслідок збільшення меж карстового провалля затопленої шахти № 7 в небезпечній зоні опинилася земельна ділянка, на якій знаходиться старе, недіюче кладовище. Зсуви ґрунту на цій ділянці порушують могили у зв'язку з чим, необхідно провести їх перепоховання оскільки, у разі попадання у приповерхневі (підземні) джерела води це може призвести до спалаху інфекційних захворювань людей.

Деформації денної поверхні мають місце на промисловому майданчику шахти № 9, що становить певну загрозу для прилеглих до нього територій, мосту і ділянки автомобільної дороги Н-09 Мукачево - Рахів - Богородчани - Івано-Франківськ - Рогатин - Бібрка - Львів та життєдіяльності населення [93].

Крім того, значна частина виробничих будівель та споруд, які на сьогодні перебувають на балансі підприємства (водовідливні шурфи, шахтні стволи, металеві копри та інше) характеризуються, як аварійні. Є випадки саморуйнування основних конструктивних елементів, що може призвести до некерованого руйнування цих будівель і споруд, що становить суттєву загрозу для життя та здоров'я людей.

Невиконання робіт з ліквідації вертикальних шахтних стволів, шурфів, найбільш небезпечних карстових воронок та провалів створює передумови до виникнення нещасних випадків серед мешканців селища та може призвести до травмування або загибелі людей.

Оскільки, за інформацією науковців, гідрогеологічна ситуація у зазначеному селищі є некерованою, спрогнозувати її подальший розвиток надзвичайно складно. Тому на сьогодні, вкрай необхідним є продовження проведення прикладних науково-дослідних робіт та моніторингових досліджень з уточнення прогнозованих зон карстових провалів та деформацій денної поверхні смт Солотвино.

За даними ДП «Виробнича дирекція з ліквідації Солотвинського солерудника» геолого - маркшейдерською службою продовжується моніторинг гідрогеологічної та екологічної ситуації у зоні об'єктів житлової та цивільно-промислової забудови смт Солотвино.

Особливості геологічної будови території Закарпатської області зумовлюють широкий розвиток в її межах, особливо в гірській частині, небезпечних екзогенних геологічних процесів. За підсумками попередніх робіт Закарпатською геологорозвідувальною експедицією ДП «ЗАХІДУКРГЕОЛОГІЯ» НАК «Надра України» виявлено 3281 зсув загальною площею понад 385 км². Незначна активізація бокової ерозії відмічена в

басейнах рік Чорна Тиса, Тересви, Апшиці та Білої Тиси, що в загальному склала 514 ділянок бокової ерозії загальною довжиною 158,4 км, 270 селевих потоків площею у 1803 км², з загальним об'ємом винесеного уламкового матеріалу біля 841,97 тис. куб.м. [93].

В зону впливу небезпечних екзогенно-геологічних процесів попадає близько 900 житлових будинків, 127 км автодоріг, 13 мостів державного і міжнародного значення, лінії електропередач, розподільчі електростанції, телекомунікації та лінії зв'язку, в тому числі міжнародного значення, водосховище та гребля Тербле-Рікської ГЕС.

В період інтенсивних дощів значну шкоду наносять селі. Вони мають високу швидкість формування і являються вкрай небезпечними. Основними зонами розповсюдження селів у межах області є гірські райони. Цей процес характерний для Ужгородського, Мукачівського, Хустського, Тячівського і Рахівського районів. Із всіх територій по потужності проявлення селевої діяльності перше місце займає Рахівський район. Селеутворення на території області в основному пов'язане із зливами. Найбільш сприятливим періодом для їх формування є час з квітня по червень та з жовтня по грудень. Селеві потоки створюють небезпеку головним чином автошляхам та залізницям, мостам, магістральним трубопроводам і електромережам.

Снігові лавини характерні для гірських районів області. Вони мають місце в гірських масивах Чорногора, хребет Свидовець, Горгани, Полонинський та ін. Розвитку лавин передують снігопад і послідує значна зміна температури і гідрологічного режиму. Кількісна оцінка сходу лавин із масиву Чорногора і Полонинського хребта може характеризуватись об'ємом виносів від 10 до 30 тис. м³ [93].

На Закарпаття впливають глибоко фокусні та місцеві землетруси. Кожен рік відбувається в середньому 10 - 20 землетрусів, гіпоцентри яких розміщені в межах верхніх шарів земної кори на глибинах 2-10 км. Згідно з існуючою на даний час картою сейсмічного районування на території області знаходяться 2 сейсмонебезпечні зони - Мукачівська і Тячівська, в межах яких мали місце

землетруси з інтенсивністю 7 балів. Геофізичною межею між цими зонами ймовірно є Латський розлом, який проходить приблизно вздовж кордону між Берегівським районами з одної сторони і Хустським районом з другої сторони.

3.4. Радіаційна безпека Закарпатської області

За даними Департаменту цивільного захисту та оборонної роботи Закарпатської обласної державної адміністрації - обласної військової адміністрації, територія Закарпатської області не відноситься до зони спостереження об'єктів категорії радіаційної небезпеки I - II. На території області відсутні об'єкти, для яких встановлюються санітарно-захисна зона та зона спостереження. На території Закарпатської області відсутні атомні електростанції, промислові та дослідні реактори, підприємства ядерно-паливного циклу. Підприємств, що займаються збором та захороненням радіоактивних відходів на території області немає [92].

На території Закарпатської області відсутні об'єкти атомної енергетики, урановидобувної та супутні їй переробні галузі.

Ймовірними джерелами радіаційного забруднення території Закарпатської області та з території інших областей України є: спецвантажі (ядерне паливо та інші радіоактивні матеріали), які можуть транспортуватися територією області по наявній залізничній мережі Львівської дирекції залізничних перевезень; джерела іонізуючого випромінювання, що використовують 56 підприємства і організацій, в основному медичні та наукові заклади; можливі аварії на АЕС розташованих на території України у радіусі 1000 км [92].

Більшу радіаційну загрозу території Закарпатської області несуть можливі аварії на АЕС розташованих за межами території України у радіусі 1000 км. Точкою відліку до АЕС сусідніх країн приймаємо м. Ужгород, місто з найбільшою кількістю мешканців в області. Відстані до АЕС розташованих за межами території України зазначено в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 - Відстані до АЕС території Закарпатської області

Назва АЕС	№ блоку	Тип реактору	Встановлена потужність, ^{*,*} МВт	Географічні координати [*]		Приблизна відстань від АЕС до м. Ужгород, км
				широта	довгота	
Німеччина						
Brokdorf	1	PWR	1440	53N51	09N21	588
Grafenrheinfeld	1	PWR	1345	49N59	10E11	890
Grohnde	1	PWR	1430	52N02	09E25	988
Gundremmingen	B,C	BWR	1344	48N31	10E24	874
Isar	1	BWR	912	48N36	12E18	734
	2	PWR	1475			
Kruemmel	1	BWR	1316	53N24	10E26	983
Neckarwesheim	1	PWR	840	49N02	09E10	961
	2	PWR	1395			
Obrigheim	1	PWR	357	49N22	09E05	966
Словаччина						
Богунице (Bohunice)	1-4	ВВЕР	440	48N30	17E41	340
Моховце (Mochovce)	1-2	ВВЕР	440	48N15	18E27	287
Словенія						
Кришко (Krsko)	1	PWR	707	45N55	15E32	592
Угорщина						
Пакш (Paks)	1	ВВЕР	467	46N34	18E51	345
	2	ВВЕР	468			
	3	ВВЕР	460			
	4	ВВЕР	471			
Чехія						
Дуковані (Dukovani)	1-4	ВВЕР	440	49N05	16E08	454
Темелін (Temelin)	1-2	ВВЕР	1000	45N10	14E16	590

Підвищення радіоактивності атмосферного повітря і рівня гамма-фону в області не спостерігалось. Вміст радіонуклідів ^{137}Cs на водних об'єктах області був нижче норми. Радіаційно забруднені території в області відсутні.

На всій території області здійснюється діяльність установ категорії радіаційної небезпеки IV - V, крім цього на території області знаходяться об'єкти III категорії радіаційної небезпеки.

Найбільш небезпечна обстановка при транспортуванні ядерних матеріалів може виникнути на вузлових станціях, в гірській місцевості, внаслідок чого можливе забруднення навколишнього середовища на значних площах фторіонами та іншими радіоактивними речовинами. Аварії на залізниці можуть виникнути внаслідок несанкціонованих дій порушників при яких зіткнуться поїзди, що перевозять ядерні матеріали, зійдуть з колії вагони, виникнуть пожежі, вибухи із зруйнуванням контейнерів і викидом в атмосферу радіоактивних речовин. Площа радіоактивного забруднення в залежності від характеру місцевості, пори року, доби (день, ніч), метеоумов, кількості ядерних матеріалів може становити понад 12 км^2 з радіусом забруднення місцевості до 2-х км. Аварії на залізниці з викидом радіоактивних речовин в атмосферу, на ґрунт можуть бути при їх транспортуванні і із-за інших причин (несправності рухомого складу, руйнування залізничного полотна і інших факторів).

Не менш небезпечна ситуація може виникнути у випадку втрати, розгерметизації захисного контейнера або несанкціонованих дій з джерелами іонізуючого випромінювання, які використовуються підприємствами, організаціями і установами в повсякденній діяльності, що може призвести до опромінення працюючого персоналу та радіаційного забруднення навколишнього середовища.

Також неможливо виключати факт аварії на АЕС як на території України так і за її межами. В залежності від місця аварії, пори року буде нанесена шкода від радіаційної аварії як території, так і населенню, що на ній проживає.

Промислові аварії: ризик допустимий - Ужгородський, Мукачівський райони.

Екологічне забруднення: ризик допустимий - вся область, особливо промислові райони.

Повені: ризик гранично допустимий - вся область.

Посухи: ризик допустимий - південна частини області (Берегівський район).

Транспортні інциденти: ризик допустимий - траси М06, Н13, Н09, залізничні вузли, магістральні трубопроводи.

3.5. Ризики виникнення надзвичайних ситуацій на території Закарпатської області

З метою оцінювання ризиків виникнення надзвичайних ситуацій та підвищення ефективності заходів цивільного захисту на території Закарпатської області здійснюється визначення територій, для яких характерні потенційно значні рівні небезпеки. За даними Департаменту цивільного захисту та оборонної роботи Закарпатської обласної державної адміністрації - обласної військової адміністрації, така оцінка проводиться відповідно до пунктів 7 та 8 Порядку проведення зонування територій за результатами визначення рівнів ризиків виникнення надзвичайних ситуацій, затвердженого наказом Міністерства внутрішніх справ України від 06 вересня 2024 року № 611. Порядок передбачає врахування ризиків, обумовлених наявністю об'єктів підвищеної небезпеки, а також впливом небезпечних геологічних, гідрологічних і метеорологічних явищ та процесів, які можуть спричинити виникнення надзвичайних ситуацій природного або техногенного характеру. Отримані результати використовуються для прогнозування можливих загроз, розроблення превентивних заходів та забезпечення належного рівня безпеки населення і довкілля (табл. 3.8-3.15).

Таблиця 3.8 - Матриця ризиків НС, пов'язаних із пожежами та вибухами на об'єктах підвищеної небезпеки (за даними Департаменту цивільного захисту та оборонної роботи Закарпатської обласної державної адміністрації - обласної військової адміністрації)

Наслідки (Н)	Імовірність (І)				
	Дуже низька (1)	Низька (2)	Середня (3)	Висока (4)	Дуже висока (5)
Катастрофічні (5)					
Серйозні (4)					
Помірно значні (3)			Помірний ризик (допустимий)		
Малозначні (2)					
Незначні (1)					

Таблиця 3.9 - Матриця ризиків НС, пов'язаних із аваріями з викидом радіоактивних речовин

Наслідки (Н)	Імовірність (І)				
	Дуже низька (1)	Низька (2)	Середня (3)	Висока (4)	Дуже висока (5)
Катастрофічні (5)					
Серйозні (4)					
Помірно значні (3)					
Малозначні (2)		Низький ризик (допустимий)			
Незначні (1)					

Таблиця 3.10 - Матриця ризиків метеорологічних НС (за даними Департаменту цивільного захисту та оборонної роботи Закарпатської обласної державної адміністрації - обласної військової адміністрації)

Наслідки (Н)	Імовірність (І)				
	Дуже низька (1)	Низька (2)	Середня (3)	Висока (4)	Дуже висока (5)
Катастрофічні (5)					
Серйозні (4)					
Помірно значні (3)					Високий ризик (гранично допустимий)
Малозначні (2)					
Незначні (1)					

Таблиця 3.11 - Матриця ризиків гідрологічні НС (підвищення рівня ґрунтових вод) (за даними Департаменту цивільного захисту та оборонної роботи Закарпатської обласної державної адміністрації - обласної військової адміністрації)

Наслідки (Н)	Імовірність (І)				
	Дуже низька (1)	Низька (2)	Середня (3)	Висока (4)	Дуже висока (5)
Катастрофічні (5)					
Серйозні (4)				Високий ризик (гранично допустимий)	
Помірно значні (3)					
Малозначні (2)					
Незначні (1)					

Таблиця 3.12 - Матриця ризиків геологічні НС (за даними Департаменту цивільного захисту та оборонної роботи Закарпатської обласної державної адміністрації - обласної військової адміністрації)

Наслідки (Н)	Імовірність (І)				
	Дуже низька (1)	Низька (2)	Середня (3)	Висока (4)	Дуже висока (5)
Катастрофічні (5)					
Серйозні (4)					
Помірно значні (3)				Помірний ризик (допустимий)	
Малозначні (2)					
Незначні (1)					

Таблиця 3.13 - Узагальнена матриця ризиків НС Закарпатської області за результатами визначених ризиків НС (за даними Департаменту цивільного захисту та оборонної роботи Закарпатської обласної державної адміністрації - обласної військової адміністрації)

Наслідки (Н)	Імовірність (І)				
	Дуже низька (1)	Низька (2)	Середня (3)	Висока (4)	Дуже висока (5)
Катастрофічні (5)					
Серйозні (4)				Гідрологічні НС (високий рівень води)	
Помірно значні (3)			НС, пов'язані із пожежами та вибухами на ОПН	Геофізичні та геологічні НС	Метеорологічні НС

Малозначні (2)		Аварії з викидом радіоактивних речовин			
Незначні (1)					

Таблиця 3.14 - Висновки про проведені зонування територій за ризиками НС (за даними Департаменту цивільного захисту та оборонної роботи Закарпатської обласної державної адміністрації - обласної військової

Малозначний ризик (абсолютно прийнятний)	Низький ризик (допустимий)	Помірний ризик (допустимий)	Високий ризик (гранично допустимий)	Дуже високий ризик (неприйнятний)
--	-------------------------------	--------------------------------	---	---

адміністрації)

Таблиця 3.15 - Території, які мають потенційно значні ризики НС (інформація надана Департаментом цивільного захисту та оборонної роботи Закарпатської обласної державної адміністрації - обласної військової адміністрації)

Область/район/ територіальна група/ населений пункт	Вид та рівень ризиків НС	Пропозиції до заходів із мінімізації ризиків НС та до можливих заходів обмеження на проєктування та будівництво, рекомендованих для включення до комплексного плану просторового розвитку, а також інших видів містобудівної документації регіонального та місцевого рівнів
1	2	3
Закарпатська область/ Ужгородський район, Мукачівський район, Берегівський район	Низький ризик виникнення НС, пов'язаний з аварією на залізничному транспорті з виливом (витоком) небезпечних хімічних, радіоактивних або біологічних речовин	Організація контролю за перевезенням небезпечних хімічних, радіоактивних або біологічних речовин на залізничному транспорті Інформаційна робота з населенням
Закарпатська область/ Рахівський район, Тячівський район, Хустський район	Малозначний ризик виникнення НС, пов'язаний з аварією на залізничному транспорті з виливом (витоком) небезпечних	Організація контролю за перевезенням небезпечних хімічних, радіоактивних або біологічних речовин на залізничному транспорті

	хімічних, радіоактивних або біологічних речовин	
Закарпатська область/ Рахівський район, Тячівський район, Хустський район	Низький ризик виникнення НС, пов'язаний з аварією на автомобільному транспорті з виливом (витоком) небезпечних хімічних, радіоактивних або біологічних речовин	Організація контролю за перевезенням небезпечних хімічних, радіоактивних або біологічних речовин на автомобільному транспорті
	Низький ризик виникнення НС, пов'язаний з аваріями на об'єктах систем життєзабезпечення населення	Організація контролю за технічним станом об'єктів систем життєзабезпечення населення. Технічна модернізація обладнання очисних споруд.
	Високий ризик НС пов'язаний з метеорологічними погодними умовами	Організація контролю за метеоумовами. Інформаційна робота з населенням. Створення матеріального резерву.
	Помірний ризик виникнення НС, пов'язаний з пожежами в природних екологічних системах	Організація контролю за метеоумовами Інформування населення про правила пожежної безпеки у екосистемах Облаштування пожежних водойм, пунктів збору води, ремонт доріг для пожежної техніки
Закарпатська область/ (вся область)	Високий ризик НС пов'язаних з високим рівнем води (водопілля, паводки)	організація контролю за рівнем води, зворотний зв'язок із спеціалізованими службами Закарпатської області; забезпечення експлуатації захисних споруд і проведення систематичних заходів інженерного захисту від процесів підтоплення; укріплення і реконструкція існуючих гідротехнічних споруд та захисних дамб; очищення небезпечних ділянок русел від природних перешкод (намивів, кущів, тощо); удосконалення інструментального обстеження основної частини

		<p>механічного обладнання гідротехнічних споруд на основі упровадження комп'ютеризованих діагностичних систем;</p> <p>оснащення органів гідрометеорологічної служби (постів спостереження) сучасною вимірювальною апаратурою та надійним зв'язком;</p> <p>регулювання використання земель в зонах можливого затоплення</p>
Закарпатська область/ Рахівський район	Малозначний ризик виникнення НС, пов'язаний з аварією та НС внаслідок аварій на магістральних трубопроводах	Організація евакуаційних заходів, розробка відповідних документів
Закарпатська область/ Ужгородський район, Мукачівський район, Берегівський район, Тячівський район, Хустський район	Помірний ризик виникнення НС, пов'язаний з аварією та НС внаслідок аварій на магістральних трубопроводах	<p>Організація заходів з оповіщення населення.</p> <p>Організація евакуаційних заходів, розробка відповідних документів.</p> <p>Формування, підготовка (навчання) спеціалізованих позаштатних команд (загонів) для рятувальних робіт, особливо у сільській місцевості.</p>
Закарпатська область/ Хустський район, Тячівський район	Помірний ризик НС унаслідок прориву греблі (дамби, шлюзу тощо) з утворенням хвилі прориву та катастрофічного затоплення	<p>Організація заходів з оповіщення населення</p> <p>Організація евакуаційних заходів, розробка відповідних документів.</p> <p>Формування, підготовка (навчання) спеціалізованих формувань, команд (загонів) для евакуаційно-рятувальних робіт, особливо у сільській місцевості.</p> <p>Науково обґрунтоване, раціональне (для новобудов) розміщення виробничого потенціалу, об'єктів господарської і соціальної інфраструктури з метою забезпечення їх безпечного функціонування.</p> <p>Практичне проведення превентивних і оперативних заходів щодо захисту</p>

		<p>виробничого персоналу, населення, об'єктів природного середовища, а також здійснення інженерно-технічних заходів цивільного захисту і заходів з охорони праці і техніки безпеки.</p> <p>Накопичення і підтримання у готовності сховищ для населення і виробничого персоналу.</p> <p>Створення систем раннього виявлення та оповіщення про небезпеку виробничого персоналу і населення, доведення до них інформації про порядок дій за сигналами оповіщення;</p> <p>Передбачення завчасної розробки варіантів проведення рятувальних, евакуаційних та відбудовних робіт.</p> <p>Проведення технічних та інших заходів, спрямованих на запобігання небезпечних явищ і процесів.</p>
Закарпатська область/ Ужгородський район, Мукачівський район	Помірний ризик НС унаслідок пожежі, вибуху на хімічно небезпечному об'єкті	<p>Організація евакуаційних заходів, розробка відповідних документів</p> <p>Організація заходів з забезпечення непрацюючого населення ЗІЗ</p>
	Помірний ризик НС унаслідок наявності в ґрунті шкідливих (забруднювальних) речовин понад ГДК	<p>Моніторинг якості ґрунтів</p> <p>Інформування населення про правила поводження з небезпечними речовинами, компостування, використання агрохімікатів</p>
Закарпатська область/ Ужгородський район, Мукачівський район	Помірний ризик НС унаслідок пожеж, вибухів у будівлях і спорудах	<p>Організація аварійно-рятувальних робіт, вжиття евакуаційних заходів</p> <p>Організація заходів з оповіщення населення</p>
	Помірний ризик НС унаслідок раптового руйнування будівель і споруд	<p>Організація аварійно-рятувальних робіт, вжиття евакуаційних заходів</p> <p>Організація заходів з оповіщення населення</p>
Закарпатська область/ Берегівський район.	Низький ризик виникнення НС, пов'язаний з пожежами в природних екологічних системах	<p>Організаційні:</p> <p>Контроль за виконанням правил пожежної безпеки;</p> <p>Встановлення режимів підвищеної пожежної безпеки.</p> <p>Інженерно-технічні:</p> <p>Створення мінералізованих смуг;</p> <p>Оснащення пожежних підрозділів</p>

		<p>необхідною технікою та ПММ.</p> <p>Інші:</p> <p>Просвітницькі кампанії для населення;</p> <p>Мобілізація добровільних пожежних дружин.</p> <p>Організація контролю за метеоумовами, превентивні заходи щодо виникнення пожеж на території</p> <p>Модернізація протипожежного водопроводу, щорічні перевірки електромереж.</p>
<p>Закарпатська область/ Ужгородський район, Мукачівський район, Тячівський район, Хустський район, Рахівський район</p>	<p>Помірний ризик виникнення НС, пов'язаний з пожежами в природних екологічних системах</p>	<p>Організаційні:</p> <p>Контроль за виконанням правил пожежної безпеки;</p> <p>Встановлення режимів підвищеної пожежної небезпеки.</p> <p>Інженерно-технічні:</p> <p>Створення мінералізованих смуг;</p> <p>Оснащення пожежних підрозділів необхідною технікою та ПММ.</p> <p>Інші:</p> <p>Просвітницькі кампанії для населення;</p> <p>Мобілізація добровільних пожежних дружин.</p> <p>Організація контролю за метеоумовами, превентивні заходи щодо виникнення пожеж на території</p> <p>Модернізація протипожежного водопроводу, щорічні перевірки електромереж.</p>
<p>Закарпатська область/ Рахівський район, Тячівський район</p>	<p>Малозначний ризик виникнення НС, пов'язаний з аваріями на об'єктах систем життєзабезпечення населення</p>	<p>Організація контролю за технічним станом об'єктів систем життєзабезпечення населення, утримання в належному стані та достатній кількості запаси запчастин для оперативного усунення НС, Запровадження резервних джерел енергії, планове оновлення газових труб.</p>
<p>Закарпатська область/ Берегівський район</p>	<p>Малозначний ризик у наслідок раптового руйнування будівель і</p>	<p>Організація контролю за технічним станом об'єктів життєзабезпечення населення</p>

район, Тячівський район, Хустський район, Рахівський район	споруд	
Закарпатська область/ Ужгородський район	Помірний ризик виникнення НС, пов'язаний із руйнуванням будівель і споруд при пожежах	<p>Організаційні (аналіз потенційних причин виникнення НС та її можливих наслідків);</p> <p>Інженерно-технічні (встановлення автоматичних систем пожежогасіння; створення протипожежних перешкод; використання вибухозахищеного обладнання).</p> <p>Організація протипожежної інфраструктури (забезпечення достатньою кількістю вогнегасників, гідрантів та резервуарів з водою; встановлення систем вентиляції та димовидалення).</p> <p>Організація взаємодії з екстреними службами.</p> <p>Контроль та аудит заходів безпеки (технічне обслуговування обладнання; ревізія протипожежних заходів)</p>
Закарпатська область/ Ужгородський район, Мукачівський район, Берегівський район, Тячівський район	Високий ризик НС (гранично допустимий) медико-біологічного походження (Ковід)	Організаційні, очищувати і дезінфікувати поверхні, до яких часто доторкуються, наприклад, дверні ручки. Носіння масок, щеплення, здоровий спосіб життя, провітрювання приміщень
Закарпатська область/ Рахівський район	Низький ризик НС підтоплення ґрунтовими водами	<p>Організаційні, дотримання природного гідрогеологічного режиму під час будівництва контроль за витоками з водонесучих комунікацій, порушенням випаровування.</p> <p>Інженерно-технічні Перевірка місцевості щодо загрози підтоплення.</p> <p>Організація взаємодії з екстреними службами.</p>

<p>Закарпатська область/ Берегівський район</p>	<p>Низький ризик НС, пов'язаний із зсувами</p>	<p>Організаційні (проведення геологічних досліджень для визначення потенційних зон зсувів; встановлення попереджувальних знаків у небезпечних зонах). Інженерно-технічні (закріплення схилів; покращення дренажу; зменшення навантаження на схили) Природоохоронні (озеленення схилів; відновлення природних водотоків) Моніторинг (встановлення на території спеціального геологічного режиму; створення карт зсувонебезпечних територій) Обмеження забудови</p>
<p>Закарпатська область/ Ужгородський район, Мукачівський район, Хустський район, Рахівський район, Тячівський район</p>	<p>Високий ризик НС, пов'язаний з геологічними умовами (зсувами ґрунту).</p>	<p>Організаційні (проведення геологічних досліджень для визначення потенційних зон зсувів встановлення попереджувальних знаків у небезпечних зонах). Інженерно-технічні (закріплення схилів; покращення дренажу; зменшення навантаження на схили. Природоохоронні (озеленення схилів, відновлення природних водотоків). Моніторинг (встановлення на території спеціального геологічного режиму; створення карт зсувонебезпечних територій). Обмеження забудови</p>
<p>Закарпатська область/ Рахівський район, Тячівський район</p>	<p>Малозначний ризик НС, унаслідок аварії з викиданням (загрозою викидання), утворенням і розповсюдженням НХР</p>	<p>Організаційні (аналіз потенційних причин виникнення НС та її можливих наслідків; навчання персоналу; обмеження доступу сторонніх осіб, розробка планів реагування на НС, створення аварійно-рятувальних формувань, улаштування систем оповіщення). Інженерно-технічні (встановлення автоматизованих систем контролю та управління технологічними процесами, систем локалізації і нейтралізації аварійних викидів, систем виявлення витоків, будівництво захисних споруд).</p>

		<p>Організація інфраструктури (забезпечення достатньою кількістю вогнегасників, гідрантів та резервуарів з водою; позначення евакуаційних шляхів та виходів; встановлення систем вентиляції та димовидалення).</p> <p>Організація взаємодії з екстреними службами.</p> <p>Контроль та аудит заходів безпеки (технічне обслуговування обладнання; ревізія заходів після кожного інциденту або змін у виробничому процесі)</p> <p>Виведення об'єкта з експлуатації</p>
Закарпатська область/ Ужгородський район, Мукачівський район	Помірний ризик виникнення НС, пов'язаний з аварією на автомобільному транспорті з виливом (витоком) небезпечних хімічних, радіоактивних або біологічних речовин	Організація контролю за перевезенням небезпечних хімічних, радіоактивних або біологічних речовин на автомобільному транспорті, будівництво обхідних доріг для вантажного транспорту, створення захисних шумових екранів та відстань забудови від автошляхів I-II категорії не менше 50 м.
	Помірний ризик виникнення НС, пов'язаний з руйнуванням мостів або шляхопроводів	Організація контролю за технічним станом мостів та шляхопроводів
Закарпатська область/ Хустський район, Тячівський район	Високий рівень НС, пов'язаний із зсувом	<p>Організаційні (проведення геологічних досліджень для визначення потенційних зон зсувів; встановлення попереджувальних знаків у небезпечних зонах).</p> <p>Інженерно-технічні (закріплення схилів; покращення дренажу; зменшення навантаження на схили)</p> <p>Природоохоронні (озеленення схилів; відновлення природних водотоків)</p> <p>Моніторинг (встановлення на території спеціального геологічного режиму; створення карт зсувонебезпечних територій)</p> <p>Обмеження забудови</p>
	Помірний ризик НС,	Організаційні (недопущення прориву

	пов'язаний з проривом греблі, шлюзу з утворенням хвилі прориву та катастрофічного затоплення	греблі Вільшанського водосховища) Інженерно-технічні (дотримання технологічних регламентів роботи ГЕС для пропуску хвилі) Природоохоронні (озеленення схилів; відновлення природних водотоків)
Закарпатська область/ (вся область)	Помірний ризик НС, пов'язаних з підтопленням будинків приватного сектору	Аналіз потенційних причин виникнення НС та її можливих наслідків. Підтримання в готовності гідротехнічних споруд, своєчасне очищення дренажних та меліоративних каналів.
	Малозначний ризик НС - пов'язаний з вибухонебезпечними предметами першої та другої світових воєн	Аналіз потенційних причин виникнення НС та її можливих наслідків. Організація взаємодії з екстреними службами. Проведення роз'яснювальної та інформаційної роботи серед населення.
Закарпатська область/ Мукачівський район	Низький ризик НС, унаслідок аварій на очисних спорудах	Технічна модернізація обладнання очисних споруд
Закарпатська область/ Хустський район, Мукачівський район, Берегівський район, Тячівський район	Високий ризик НС, пов'язаних з землетрусом	Своєчасне оповіщення, евакуація. Організація взаємодії з екстреними службами. Проведення роз'яснювальної та інформаційної роботи серед населення.
Закарпатська область/ Ужгородський район, Мукачівський район, Берегівський район, Тячівський район, Хустський район	Помірний ризик НС, пов'язаний з пожежею на ОПН	Організаційні (аналіз потенційних причин виникнення НС та її можливих наслідків; навчання персоналу; обмеження доступу сторонніх осіб). Інженерно-технічні (встановлення автоматичних систем пожежогасіння; створення протипожежних перешкод; використання вибухозахищеного обладнання). Організація протипожежної інфраструктури (забезпечення достатньою кількістю вогнегасників, гідрантів та резервуарів з водою;

		<p>позначення евакуаційних шляхів та виходів; встановлення систем вентиляції та димовидалення).</p> <p>Організація взаємодії з екстреними службами.</p> <p>Контроль та аудит заходів безпеки (технічне обслуговування обладнання; ревізія протипожежних заходів після кожного інциденту або змін у виробничому процесі)</p>
Закарпатська область/ Бергівський район	Високий ризик НС, пов'язаний з засухою	<p>Буріння додаткових свердловин.</p> <p>Накопичення запасів технічної води в ємності.</p> <p>Влаштування під'їздів до водойм для забору води.</p>
Закарпатська область/ Рахівський район	Малозначні ризики виникнення НС, пов'язаних із пожежею (вибухом) на ОПН	<p>Інженерно-технічні (встановлення автоматичних систем пожежогасіння, створення протипожежних перешкод, використання вибухозахищеного обладнання).</p> <p>Організація протипожежної інфраструктури (забезпечення достатньої кількості вогнегасників, гідрантів та резервуарів з водою, позначення евакуаційних шляхів та виходів, встановлення систем вентиляції та димовидалення).</p> <p>Виведення об'єкту з експлуатації.</p>
Закарпатська область/ Закарпатська область/ Ужгородський район, Мукачівський район, Берегівський район, Тячівський район, Хустський район	Помірний ризик НС унаслідок пожежі, вибуху на магістральному газопроводі великого діаметру	Організація евакуаційних заходів, розробка відповідних документів
Закарпатська область/ Ужгородський район,	Помірний ризик НС, пов'язаний з аваріями на технологічних блоках ХНО.	Організаційні (моніторинг стану ризиків, а також підготовка до НС; аналіз потенційних причин виникнення НС та її можливих наслідків; навчання

Мукачівський район		<p>персоналу; обмеження доступу сторонніх осіб).</p> <p>Інженерно-технічні (періодичні перевірки та огляди обладнання з метою виявлення дефектів та недоліків, проведення профілактичних заходів та заміна зношеного обладнання, впровадження нових технологій та методів роботи для підвищення стійкості, встановлення та використання систем моніторингу стану обладнання та оточення; впровадження заходів контролю якості роботи та забезпечення належної експлуатації обладнання).</p> <p>Організація протипожежної інфраструктури (забезпечення достатньою кількістю вогнегасників, гідрантів та резервуарів з водою; позначення евакуаційних шляхів та виходів; встановлення систем вентиляції).</p> <p>Організація взаємодії з екстреними службами.</p> <p>Контроль та аудит заходів безпеки (технічне обслуговування протипожежного обладнання; ревізія протипожежних заходів після кожного інциденту або змін у виробничому процесі).</p>
Закарпатська область/ Ужгородський район, Мукачівський район	Помірний ризик виникнення НС, пов'язаний з аварією на автомобільному транспорті з виливом (витоком) небезпечних хімічних, радіоактивних або біологічних речовин	<p>Організаційні (аналіз потенційних причин виникнення НС та її можливих наслідків; відпрацювання планів реагування на НС та планів взаємодії; навчання населення діям у разі виникнення НС; своєчасне оповіщення органів управління цивільного захисту про погіршення погодних умов, залучення за угодами техніки підприємств, створення (поповнення) запасів у матеріальних резервах, інформування населення)</p> <p>Організація контролю за перевезенням небезпечних хімічних,</p>

		радіоактивних або біологічних речовин на автомобільному транспорті
Закарпатська область/ (вся область)	Дуже високий ризик виникнення НС, пов'язаний з метеорологічними погодними умовами	Організація контролю за метеоумовами
Закарпатська область/ (вся область)	Помірний ризик виникнення НС, пов'язаний з аварією на АЗС	Організація контролю за дотриманням правил безпеки на АЗС
Закарпатська область/ (вся область)	Помірний ризик виникнення НС, пов'язаний з руйнуванням мостів або шляхопроводів	Організаційні (аналіз потенційних причин виникнення НС та її можливих наслідків; відпрацювання планів реагування на НС та планів взаємодії; навчання населення діям у разі виникнення НС; своєчасне оповіщення органів управління цивільного захисту про погіршення погодних умов, залучення за угодами техніки підприємств, створення (поповнення) запасів у матеріальних резервах, інформування населення) Організація контролю за технічним станом мостів та шляхопроводів
Закарпатська область/ Ужгородський район, Мукачівський район	Помірний ризик виникнення НС, пов'язаний з аваріями на об'єктах систем життєзабезпечення населення	Організаційні (аналіз потенційних причин виникнення НС та її можливих наслідків; відпрацювання планів реагування на НС та планів взаємодії; навчання населення діям у разі виникнення НС; своєчасне оповіщення органів управління цивільного захисту про погіршення погодних умов, залучення за угодами техніки підприємств, створення (поповнення) запасів у матеріальних резервах, інформування населення) Організація контролю за технічним станом об'єктів систем життєзабезпечення населення
Закарпатська область/ Ужгородський район,	Помірний ризик (допустимий) пов'язаний з аварією на хімічно-	Організація контролю за технічним станом обладнання, дотриманням технологічного режиму. Інженерно-технічні заходи щодо

Мукачівський район	небезпечних об'єктах з забрудненням навколишнього середовища	<p>правильного зберігання, транспортування та використання НХР.</p> <p>Підготовка сил і засобів для ліквідації можливих хімічно-небезпечних аварій.</p> <p>Навчання порядку і правилам поведінки в умовах виникнення аварій працівників об'єкту і населення.</p> <p>Щоденний хімічний контроль.</p> <p>Прогнозування зон можливого хімічного забруднення.</p> <p>Попередження (оповіщення) про безпосередню загрозу ураження НХР.</p>
Закарпатська область/ (вся область)	Помірний ризик (допустимий) НС, пов'язаний з проходженням льодоходу, паводку та повені.	Організація контролю за метеоумовами. Проведення комплексу заходів з інженерного підготовки, що включає: підсипання території, пониження рівня ґрунтових вод, розчищення всіх водойм і водотоків, регулювання і відведення поверхневих вод з території, яка захищається.
Закарпатська область/ (вся область)	Помірний ризик НС, медико-біологічні НС	<p>Надання медичної допомоги постраждалим внаслідок НС, своєчасне застосування профілактичних медичних препаратів та своєчасне проведення санітарно-протиепідемічних заходів; контроль за якістю та безпекою харчових продуктів і продовольчої сировини, питної води та джерелами водопостачання; утворення в умовах НС необхідної кількості додаткових тимчасових мобільних медичних підрозділів або залучення додаткових закладів охорони здоров'я; накопичення медичного та спеціального майна і техніки; підготовка та перепідготовка медичних працівників з надання екстреної медичної допомоги; навчання населення способам надання домедичної допомоги та правилам дотримання особистої гігієни; здійснення заходів з метою недопущення негативного впливу на здоров'я населення шкідливих факторів навколишнього природного середовища</p>

		та наслідків НС, а також умов для виникнення і поширення інфекційних захворювань;
Закарпатська область/ Ужгородський район, Мукачівський район, Берегівський район	Помірний ризик виникнення НС, пов'язаний з аварією на залізничному транспорті з виливом (витоком) небезпечних хімічних, радіоактивних або біологічних речовин	<p>Організаційні заходи:</p> <p>Розробка плану реагування та його актуалізація;</p> <p>Проведення спільних тренувань з з органами залізничного транспорту;</p> <p>Взаємодія з органами залізничного транспорту для отримання оперативної інформації.</p> <p>Інженерно-технічні:</p> <p>Позначення зон евакуації та встановлення табличок з маршрутами виходу;</p> <p>Облаштування простих пунктів спостереження (спільно з ДСНС).</p> <p>Інші:</p> <p>Проведення інформкампаній серед населення про порядок дій у разі аварії;</p> <p>Створення запасів води, сорбентів, ЗІЗОД.</p>
Закарпатська область/ Ужгородський район, Мукачівський район, Хустський район	Помірний ризик виникнення НС унаслідок пожеж, вибухів у будівлях і спорудах	<p>Організаційні:</p> <p>Проведення інструктажів у закладах освіти та установах;</p> <p>Встановлення правил використання печей, газу, електрики.</p> <p>Інженерно-технічні:</p> <p>Наявність первинних засобів пожежогасіння в установах;</p> <p>Розмітка евакуаційних виходів у школах і клубах.</p> <p>Інші:</p> <p>Інформаційні кампанії: листівки, плакати, зустрічі;</p> <p>Залучення добровольців до чергувань у пожежонебезпечний період</p>
Закарпатська область/ (вся область)	Малозначний ризик виникнення НС, пов'язаний з спалахом інфекцій	Організація регулярний моніторингу якості води та харчових продуктів, місць загального харчування населення, своєчасна вакцинація.
Закарпатська область/ (вся область)	Малозначний ризик НС, пов'язаний з можливим викидом	Організація контролю за рівнем радіації.

	радіоактивних речовин	
Закарпатська область/ Тячівський район	Високий ризик НС природного характеру, пов'язаний з геофізичними та геологічними явищами: землетруси, зсувами, обвали, проваллям земної поверхні (карстові провалля) метеорологічними погодними умовами: зливи, град, рясні снігопади, які можуть викликати повені, селеві потоки, зсуви та снігові замети; гідрологічні пов'язані з підвищення рівня ґрунтових вод, підтопленням, затопленням.	<p>Організаційні (аналіз потенційних причин виникнення НС та її можливих наслідків; навчання персоналу по видах ризику НС;</p> <p>Інженерно-технічне обладнання водних об'єктів;</p> <p>Організація взаємодії з екстреними службами. Контроль та аудит заходів безпеки (технічне обслуговування обладнання об'єктів; перевірка об'єктів на які впливають НС природнього характеру.</p> <p>Заміна або модернізація аварійних електромереж.</p> <p>Встановлення локальних систем раннього виявлення загроз та систем оповіщення населення.</p> <p>Підготовка та готовність евакуаційних служб (груп, команд) діяти за будь яких НС.</p>
Закарпатська область/ Ужгородський район, Мукачівський район, Хустський район, Рахівський район	Високий ризик НС природного характеру, пов'язаний з геофізичними та геологічними явищами: зсувами, обвалами, метеорологічними погодними умовами: зливи, град, рясні снігопади, які можуть викликати повені, селеві потоки, зсуви та снігові замети; гідрологічні	<p>Організаційні (аналіз потенційних причин виникнення НС та її можливих наслідків; навчання персоналу по видах ризику НС;</p> <p>Інженерно-технічне обладнання водних об'єктів;</p> <p>Організація взаємодії з екстреними службами. Контроль та аудит заходів безпеки (технічне обслуговування обладнання об'єктів; перевірка об'єктів на які впливають НС природнього характеру.</p> <p>Заміна або модернізація аварійних електромереж.</p> <p>Встановлення локальних систем раннього виявлення загроз та систем оповіщення населення.</p>

	пов'язані підтопленням, затопленням.	з	Підготовка та готовність евакуаційних служб (груп, команд) діяти за будь яких НС.
--	--------------------------------------	---	---

Відповідно до даних Департаменту цивільного захисту та оборонної роботи Закарпатської обласної державної адміністрації - обласної військової адміністрації, складено карти ризиків надзвичайних ситуацій, характерних для території області. Зонування територій виконано згідно з положеннями пунктів 7 та 8 Порядку проведення зонування територій за результатами визначення рівнів ризиків виникнення надзвичайних ситуацій, затвердженого наказом Міністерства внутрішніх справ України від 06 вересня 2024 року № 611. Під час оцінювання враховувалися потенційні загрози, пов'язані з наявністю об'єктів підвищеної небезпеки, а також впливом небезпечних геологічних, гідрологічних та метеорологічних процесів. Представлені картографічні матеріали (рис. 3.5 - 3.9) відображають просторовий розподіл ризиків надзвичайних ситуацій та слугують основою для оцінювання рівня небезпеки територій, прогнозування розвитку надзвичайних подій і розроблення заходів цивільного захисту населення та довкілля.



Умовні позначення:

Кольорова насиченість відповідає рівню ризику НС в громаді

Малозначний ризик (абсолютно прийнятний)	Низький ризик (допустимий)	Помірний ризик (допустимий)	Високий ризик (гранично допустимий)	Дуже високий ризик (неприйнятний)
--	----------------------------	-----------------------------	-------------------------------------	-----------------------------------

допустимий ризик - у межах від $1 \cdot 10^{-8}$ до $1 \cdot 10^{-6}$

Рисунок 3.5 - Ризики НС, пов'язаних із аваріями з викидом радіоактивних речовин на території Закарпатської області



Умовні позначення:

Кольорова насиченість відповідає рівню ризику НС в громаді

Малозначний ризик (абсолютно прийнятний)	Низький ризик (допустимий)	Помірний ризик (допустимий)	Високий ризик (гранично допустимий)	Дуже високий ризик (неприйнятний)
--	----------------------------	-----------------------------	-------------------------------------	-----------------------------------

допустимий ризик - у межах від $1 \cdot 10^{-8}$ до $1 \cdot 10^{-6}$

Рисунок 3.6 - Ризики НС, пов'язаних із пожежами та вибухами на об'єктах підвищеної небезпеки на території Закарпатської області



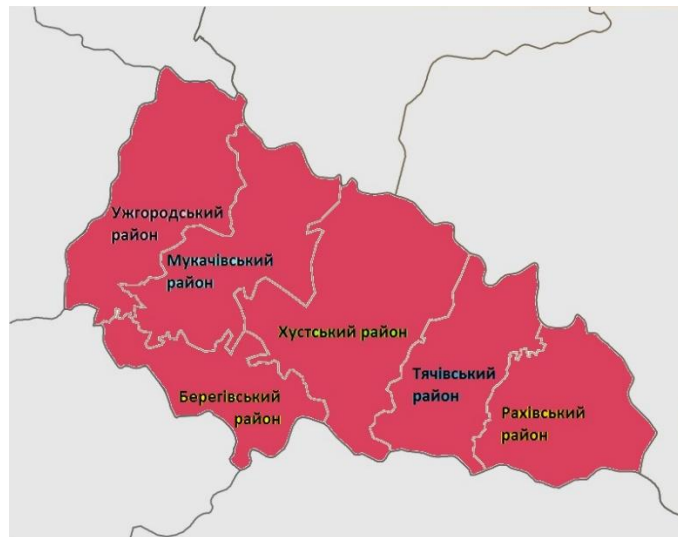
Умовні позначення:

Кольорова насиченість відповідає рівню ризику НС в громаді

Малозначний ризик (абсолютно прийнятний)	Низький ризик (допустимий)	Помірний ризик (допустимий)	Високий ризик (гранично допустимий)	Дуже високий ризик (неприйнятний)
--	----------------------------	-----------------------------	-------------------------------------	-----------------------------------

гранично допустимий ризик - який дорівнює $1 \cdot 10^{-5}$

Рисунок 3.7 - Ризики метеорологічних НС на території Закарпатської області



Умовні позначення:

Кольорова насиченість відповідає рівню ризику НС в громаді

Малозначний ризик (абсолютно прийнятний)	Низький ризик (допустимий)	Помірний ризик (допустимий)	Високий ризик (гранично допустимий)	Дуже високий ризик (неприйнятний)
--	----------------------------	-----------------------------	-------------------------------------	-----------------------------------

гранично допустимий ризик - який дорівнює $1 \cdot 10^{-5}$

Рисунок 3.8 - Ризики гідрологічні НС (підвищення рівня ґрунтових вод) на території Закарпатської області



Умовні позначення:

Кольорова насиченість відповідає рівню ризику НС в громаді

Малозначний ризик (абсолютно прийнятний)	Низький ризик (допустимий)	Помірний ризик (допустимий)	Високий ризик (гранично допустимий)	Дуже високий ризик (неприйнятний)
--	----------------------------	-----------------------------	-------------------------------------	-----------------------------------

допустимий ризик - у межах від $1 \cdot 10^{-8}$ до $1 \cdot 10^{-6}$

Рисунок 3.9 - Ризики геофізичні НС (землетрус) на території Закарпатської області

Аналіз надзвичайних ситуацій і небезпечних подій, що виникають на території Закарпатської області, свідчить про наявність значного спектра природних та техногенних загроз. До найбільш небезпечних надзвичайних

ситуацій природного характеру належать повені та дощові паводки, зсувні й селеві процеси, землетруси, карстові явища, а також несприятливі та небезпечні метеорологічні явища, зокрема сильні дощі (зливи), град, інтенсивні снігопади та шквалисті вітри. Враховуючи природно-кліматичні особливості регіону, зазначені процеси можуть призводити до значних матеріальних збитків, порушення функціонування об'єктів інфраструктури та створювати загрозу для населення і довкілля.

Серед надзвичайних ситуацій техногенного характеру найбільшу небезпеку становлять аварії на об'єктах життєзабезпечення населення, об'єктах трубопровідного транспорту, включаючи магістральні газопроводи, етиленопроводи та нафтопроводи, а також транспортні аварії за участю небезпечних вантажів, зокрема хімічно та радіаційно небезпечних речовин. Окрему групу ризиків формують аварії на хімічно небезпечних об'єктах, які можуть супроводжуватися забрудненням компонентів навколишнього природного середовища та виникненням загроз для здоров'я населення.

Важливе місце серед надзвичайних ситуацій природного характеру займають лісові пожежі, які в умовах підвищення температури повітря, тривалих посушливих періодів та змін клімату набувають дедалі більшої актуальності. Їх виникнення супроводжується знищенням природних екосистем, погіршенням стану атмосферного повітря, втратою біорізноманіття та підвищенням рівня екологічної небезпеки на території області.

Таким чином, характерними для Закарпатської області є як природні, так і техногенні надзвичайні ситуації, що потребують постійного моніторингу ризиків, удосконалення системи цивільного захисту та реалізації превентивних заходів, спрямованих на мінімізацію їх негативних наслідків для населення, господарської діяльності та навколишнього природного середовища.

Висновки до Розділу 3

Розділ сформовано внаслідок опрацювання літературних джерел та даних Департаменту цивільного захисту та оборонної роботи Закарпатської обласної державної адміністрації - обласної військової адміністрації з метою всебічного висвітлення еколого-техногенних загроз регіону досліджень, де вагому частку посідають лісові пожежі.

На території Закарпатської області розташована Закарпатська низовина, що є частиною Середньодунайської низовини. Її абсолютні відмітки близькі до 120 м., що значно менше, ніж у Прикарпатті. На досліджуваній території кількість опадів зменшується у напрямі із заходу та північно-заходу на схід та південно-схід. У Закарпатській області порівняно велика кількість опадів знаходиться в інтервалі від 700 до 1200 мм з максимумом у червні (біля 100 мм); найсухішим місяцем тут є березень, коли опади не перевищують 57 мм.

Природні ландшафти Закарпатської області, як і всі Карпати, відзначається великою кількістю атмосферних опадів, отже, і значним поверхневим стоком атмосферних вод, з яких формуються ріки. Ріки розробляють долини, розмивають гірські породи, відкладаючи їх у долинах, утворюють заплави та тераси, на яких росте пристосована до таких умов рослинність, утворюються специфічні ґрунти, заселяють тварини.

На території Закарпатської області існує велика кількість рослин, які занесені до “Червоної книги України”. Сюди відносять наступне видове різноманіття: тирлич жовтий (*Gentiana lutea* L.), собачий зуб справжній (*Erythronium dens-canis* L.), шафран карпатський (*Crocus heuffelianus* Herb.), тирлич безстеблій (*Gentiana acaulis* L.), тис звичайний (*Taxus baccata* L.), айстра альпійська (*Aster alpinus* L.), білоцвіт весняний (*Leucojum vernum* L.), білоцвіт літній (*Leucojum aestivum* L.), сосна кедрова (*Pinus cembra* L.).

Регіональні екологічні проблеми Закарпатської області зумовлюються цілим рядом чинників. Зокрема, це - прикордонне положення області, найбільша в Україні густота водних об'єктів, велика кількість мінеральних

джерел, малоземелля, велика щільність населення, чудові природні умови для розвитку санаторно-курортної та туристично-рекреаційної галузей, насиченість території транспортними комунікаціями, в тому числі трубопровідними, рельєфом місцевості. Разом з тим на території області відсутні об'єкти ядерної енергетики, великі гірничо-металургійні комплекси, вугільні розрізи.

Запаси прісних підземних вод на території області складають 1096,7 тис. м³/добу, або 401 млн. м³/рік і нерівномірно розподілені по районах. Зокрема, в гірських районах запаси підземних вод практично відсутні. Збільшення відбору підземних вод на перспективу дуже обмежене.

Разом з тим, головним забруднювачем атмосферного повітря області продовжує залишатися автомобільний транспорт. Викиди від пересувних джерел забруднення збільшилися на 9,8 %, що є результатом збільшення кількості автотранспортних засобів на території області.

Забруднення земельних ресурсів відбувається в основному при розміщенні на них несанкціонованих сміттєзвалищ, або в результаті аварійних ситуацій, особливо при поривах нафто- та продуктопроводів.

Природні умови області та існуюча інфраструктура створюють певні екологічні проблеми. Це зокрема: паводки, небезпечні екзогенно-геологічні процеси, застарілість каналізаційних очисних споруд, розгалужена система трубопровідного транспорту, лісові пожежі.

Результати досліджень **Розділу 3** опубліковано у наукових працях [141, 144].

РОЗДІЛ 4. ЕКОЛОГО-ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА ПІРОГЕННО ТРАНСФОРМОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ

4.1. Аналіз видового складу рослинності пірогенно трансформованих територій

Під час рекогносцирувальних досліджень пірогенно порушених територій у межах Закарпатської низовини ідентифіковано 50 видів рослинного покриву, які відносяться до 17 родин: Айстрові (Asteraceae), Березові (Betulaceae), Бобові (Fabaceae), Букові (Fagaceae), Вербові (Salicaceae), Гречкові (Polygonaceae), Злакові (Poaceae), Маренові (Rubiaceae), Окружкові (Ariaceae), Осокові (Cyperaceae), Подорожникові (Plantaginaceae), Сапіндові (Sapindaceae), Соснові (Pinaceae), Трояндові (Rosaceae), Фіалкові (Violaceae), Хвощеві (Equisetaceae), Щитникові (Dryopteridaceae).

Дані родини систематично належать до наступних 14 порядків: Айстроцвіті (Asterales) - 1 родина, Аралієцвіті (Araliales) - 1 родина, Багатоніжкові (Polypodiales) - 1 родина, Бобовоцвіті (Fabales) - 1 родина, Букоцвіті (Fagales) - 2 родини, Гвоздикоцвіті (Caryophyllales) - 1 родина, Губоцвіті (Lamiales) - 1 родина, Мальпігієцвіті (Malpighiales) - 2 родини, Розоцвіті (Rosales) - 1 родина, Сапіндоцвіті (Sapindales) - 1 родина, Соснові (Pinales) - 1 родина, Тирличецвіті (Gentianales) - 1 родина, Тонконогоцвіті (Poales) - 2 родини, Хвощові (Equisetales) - 1 родина.

Відповідно перелічені вище систематично належать до 5 класів рослин:

1) *Евдикоти (Eudicots)*: Айстроцвіті (Asterales), Бобовоцвіті (Fabales), Мальпігієцвіті (Malpighiales), Розоцвіті (Rosales), Сапіндоцвіті (Sapindales).

2) *Дводольні (Magnolopsida)*: Аралієцвіті (Araliales), Букоцвіті (Fagales), Гвоздикоцвіті (Caryophyllales), Губоцвіті (Lamiales), Тирличецвіті (Gentianales).

3) *Папоротевидні (Polypodiopsida)*: Багатоніжкові (Polypodiales), Хвощові (Equisetales).

4) *Однодольні (Liliopsida)*: Тонконогоцвіті (Poales).

5) *Хвойні (Pinopsida):* Соснові (Pinales).

Підсумковий склад ідентифікованої рослинності:

деревно-чагарникові види: алича (*Prunus divaricata* Ledeb.) - Трояндові (Rosaceae), береза повисла (*Betula pendula* Roth.) - Березові (Betulaceae), бук звичайний (*Fagus sylvatica* L.) - Букові (Fagaceae), верба козяча (*Salix caprea* L.) - Вербові (Salicaceae), вільха сіра (*Alnus incana* (L.) Moench.) - Березові (Betulaceae), вільха чорна (*Alnus glutinosa* (L.) Gaerth.) - Березові (Betulaceae), граб звичайний (*Carpinus betulus* L.) - Березові (Betulaceae), дуб звичайний (*Quercus robur* L.) - Букові (Fagaceae), клен звичайний (*Acer platanoides* L.) - Сапіндові (Sapindaceae), ліщина звичайна (*Corylus avellana* L.) - Березові (Betulaceae), модрина звичайна (*Larix decidua* Mill.) - Соснові (Pinaceae), ожина сиза (*Rubus caesius* L.) - Трояндові (Rosaceae), осика (*Populus tremula* L.) - Вербові (Salicaceae), робінія звичайна (*Robinia pseudoacacia* L.) - Бобові (Fabaceae), сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.) - Соснові (Pinaceae), тополя біла (*Populus alba* L.) - Вербові (Salicaceae), яблуня лісова (*Malus sylvestris* Mill.) - Трояндові (Rosaceae), ялина звичайна (*Picea abies* (L.) H.Kart.) - Соснові (Pinaceae), ялиця біла (*Abies alba* Mill.) - Соснові (Pinaceae), ясен звичайний (*Fraxinus excelsior* L.) - Маслинові (Oleaceae);

трав'янисті види: гірчак почечуйний (*Polygonum persicaria* L.) - Гречкові (Polygonaceae), гребінниця звичайна (*Cynosurus cristatus* L.) - Злакові (Poaceae), китник лучний (*Alopecurus pratensis* L.) - Злакові (Poaceae), королиця звичайна (*Leucanthemum vulgare* Lam.) - Айстрові (Asteraceae), костриця карпатська (*Festuca carpathica* F.Dietr.) - Злакові (Poaceae), костриця лучна (*Lolium pratense* Huds.) - Злакові (Poaceae), костриця червона (*Festuca rubra* L.) - Злакові (Poaceae), кульбаба лікарська (*Taraxacum officinale* Webb. ex Wigg.) - Айстрові (Asteraceae), кунічник наземний (*Calamagrostis epigeios* (L.)) - Злакові (Poaceae), лядвинець польовий (*Lotus arvensis* Pers.) - Бобові (Fabaceae), медова трава вовниста (*Holcus lanatus* L.) - Злакові (Poaceae), метлюг звичайний (*Apera spica-venti* (L.) P. Beauv) - Злакові (Poaceae), мітлиця звичайна (*Agrostis capillaris* L.) - Злакові (Poaceae), осока волосиста (*Carex pilosa* Scop.) -

Осокові (Суперасеae), пажитниця багаторічна (*Lolium perenne* L.) - Злакові (Роасеae), пахуча трава звичайна (*Anthoxanthum odoratum* L.) - Злакові (Роасеae), перстач випрямлений (*Potentilla erecta* (L.) Hampe) - Трояндові (Rosасеae), пирій повзучий (*Elymus repens* (L.) Gould.) - Злакові (Роасеae), підмаренник чіпкий (*Galium aparine* L.) - Маренові (Rubiасеae), подорожник великий (*Plantago major* L.) - Подорожникові (Plantaginасеae), подорожник ланцетолистий (*Plantago lanceolata* L.) - Подорожникові (Plantaginасеae), тонконіг лучний (*Poa pratensis* L.) - Злакові (Роасеae), тонконіг однорічний (*Poa annua* L.) - Злакові (Роасеae), трясучка середня (*Briza media* L.) - Злакові (Роасеae), фіалка лісова (*Viola reichenbachiana* Jordan ex Boreau) - Фіалкові (Violасеae), хвощ лісовий (*Equisetum sylvaticum* L.) - Хвощеві (Equisetасеae), щавель кислий (*Rumex acetosa* L.) - Гречкові (Polygonасеae), щитник чоловічий (*Dryopteris filix-mas* (L.) Schott) - Щитникові (Dryopteridасеae), щучник дернистий (*Deschampsia cespitosa* (L.) P. Beauv) - Злакові (Роасеae), яглиця звичайна (*Aegopodium podagraria* L.) - Окружкові (Аріасеae).

З них деревно-чагарникових - 20 видів, трав'янистих - 30 видів. Розподіл виявлених у ході польових досліджень видів за життєвими формами (біоморфами) представлено у таблиці нижче (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 - Диференціації насаджень за життєвими формами

№ п/п	Життєві форми	Кількість видів	
		таксонів	%
1.	Дерева	17	34
2.	Чагарники	3	6
3.	Трав'янисті	30	60
	Сума	50	100

Як бачимо у структурі насаджень переважають трав'янисті види - 60%, дерев - 34% і чагарників - 6%. Чагарники та трав'янисті види є допоміжним фітомеліоративним елементом у формованні надґрунтового покриву напіввідкритих і відкритих просторів.

Для оцінки проходження фітомеліоративних процесів у регіоні

досліджень важлива роль відводилась оцінці просторової структури сформованих фітоценозів, котра включає вертикальну і горизонтальну структури.

Вертикальна просторова структура полягає в оцінці ярусності, яка є ознакою просторової структури фітоценозу і обумовлена наявністю просторово обмежених за висотою чи площею структурних частин - груп рослин, які відрізняються за однією чи рядом ознак: висотою, ботанічними особливостями, складом, рясністю, ступенем розвитку, рівнем життєвості.

Низка показників кількісних співвідношень у рослинних угрупованнях аналізувались під час проведення польових досліджень. Оцінка рясності фітомеліоративного покриву досліджуваної території є важливою складовою оцінки чисельності і проективного покриття.

Для цього було використано шкалу рясності Гульта-Друде, яка показує чисельність і проективне покриття рослин згідно з окомірною оцінкою у балах з використанням величини проективного покриття ($y\%$).

Диференційована шкала оцінки рясності є такою:

1. в єдиному екземплярі - *un.*;
2. одинично - (до 1%) - *sol.*;
3. мало - (1-5%) - *sp.*;
4. досить багато - (6-20% або до $\frac{1}{4}$ площі ділянки) - *cop₁*;
5. багато - (21-50%, або $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{2}$ ділянки) - *cop₂*;
6. дуже багато - (51% і більше або більше $\frac{1}{2}$ ділянки) - *cop₃*;
7. рясно - (до 100) - *soc.* (змикаються надземними частинами).

Для аналізу досліджуваних ділянок за даним показником, було закладено ряд облікових площ ($S = 1 \text{ м}^2$), де проводився порівняльний підрахунок. Кількісні співвідношення між рослинами у фітоценозах обумовлені різною участю видів деревних і трав'янистих рослин.

Площі, закладені у кількох повторностях для встановлення статистичних даних кількісних співвідношень між рослинами і особливостей внутрішньої структури сформованих фітоценозів. Досліджувані площі закладались зі всіх

сторін горизонту території та у центрі. Отримано наступні усереднені результати (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 - Оцінка рясності фітомеліоративного покриття досліджуваних ділянок за шкалою Гультта-Друде

Досліджувана ділянка	Виявлені ступені рясності рослинного покриття
1 (с. Руські Комарівці)	досить багато (<i>cop₁</i>) - 15-18% багато (<i>cop₂</i>) - 40-43%
2 (с. Вовкове)	багато (<i>cop₂</i>) - 42-45% дуже багато (<i>cop₃</i>) - 51-53%
3 (м. Ужгород, вул. О. Блистіва)	одиночно (<i>sol.</i>) - 0,6-0,9% мало (<i>sp.</i>) - 3-5%
4 (с. Дубриничі)	багато (<i>cop₂</i>) - 46-50% дуже багато (<i>cop₃</i>) - 51-55%
5 (с. Вишка, територія НПП Ужанський)	багато (<i>cop₂</i>) - 45-47% дуже багато (<i>cop₃</i>) - 52-55%

Проведений аналіз рясності та проективного покриття досліджуваних територій, де мали місце раніше пожежі у природних екосистемах, дозволили зафіксувати диференційовані результати.

Найвища частка площі проективного покриття, рясність та видове представництво деревних і трав'янистих рослин, встановлено на дослідній ділянці №4 (с. Дубриничі): багато (*cop₂*) - 46-50%; дуже багато (*cop₃*) - 51-55%. Проективне покриття території знаходиться у діапазоні 57-65%. Трав'янистих видів - 14 (56%), а деревних - 11 (44%).

Деякі показники підраховані на дослідній ділянці №5 (с. Вишка, територія НПП Ужанський): багато (*cop₂*) - 45-47%; дуже багато (*cop₃*) - 52-55%. Проективне покриття території знаходиться у діапазоні 55-60%. Трав'янистих видів - 13 (59,1%), а деревних - 9 (40,9%).

Нижчі показники підраховані на дослідній ділянці №2 (с. Вовкове): багато (*cop₂*) - 42-45%; дуже багато (*cop₃*) - 51-53%. Проективне покриття

території знаходиться у діапазоні 50-55%. Трав'янистих видів - 21 (61,8%), а деревних - 13 (38,2%).

Ще нижчі показники підраховані на дослідній ділянці №1 (с. Руські Комарівці): досить багато (*cop₁*) - 15-18%; багато (*cop₂*) - 40-43%. Проективне покриття території знаходиться у діапазоні 40-45%. Трав'янистих видів - 15 (65,2%), а деревних - 8 (34,8%).

Мінімальні показники встановлено на ділянці №3 (м. Ужгород, вул. О. Блистіва): одинично (*sol.*) - 0,6-0,9%; мало (*sp.*) - 3-5%. Проективне покриття території знаходиться у діапазоні 30-35%. Трав'янистих видів - 8 (42,1%), а деревних - 11 (57,9%).

4.2. Віталітет рослинності внаслідок пожеж у природних екосистемах

Проводилось визначення такого важливого показника, як рівень життєвості (віталітету) ідентифікованого рослинного покриву у сезонному розрізі.

Використані наступні градації рівнів життєвості:

- повна (бал 3) - розвиток рослин хороший, вони плодоносять або успішно розмножуються вегетативно, мають добре розвинений стовбур, стебло, гілки, листову поверхню, звичайні розміри та яскраве забарвлення листя/хвої, підвищений тургор;
- середня (бал 2) - менш могутній розвиток стебла, не така розвинена листова поверхня, рівномірне листове/хвойне покриття, здібність до вегетативного або генеративного розмноження у звичайні терміни, але не дуже виражена;
- знижена (бал 1) - рослини не досягають повного, звичайного для даного вигляду розвитку, зріст зменшений, стебло або стовбур викривлені, верхівка підсихає, листова поверхня недорозвинена, розміри листя/хвої зменшені, його пожовтіння і скидання відбувається до строку, знижений тургор. Знижена здібність до вегетативного й генеративного розмноження, часто - прискорення термінів розвитку генеративних органів.

Аналіз рівнів життєвості деревно-чагарникового покриву та трав'яного покриву представлений нижче (табл. 4.3).

Таблиця 4.3 - Рівні віталітету рослинного покриву досліджуваної території

Досліджувана ділянка	Рівні віталітету рослин
1 (с. Руські Комарівці)	<i>середня</i> (бал 2) - 40-44% <i>знижена</i> (бал 1) - 56-60%
2 (с. Вовкове)	<i>середня</i> (бал 2) - 55-57% <i>знижена</i> (бал 1) - 43-45%
3 (м. Ужгород, вул. О. Блистіва)	<i>середня</i> (бал 2) - 25-30% <i>знижена</i> (бал 1) - 70-75%
4 (с. Дубриничі)	<i>повна</i> (бал 3) - 58-60% <i>середня</i> (бал 2) - 40-42%
5 (с. Вишка, територія НПП Ужанський)	<i>повна</i> (бал 3) - 50-53% <i>середня</i> (бал 2) - 47-50%

Результати сезонного вивчення рівнів життєвості деревних і трав'янистих видів дозволили встановити наступний віталітетний диференційований ряд, сформований із ділянок від вищого до нижчого рівнів життєвості:

- дослідна ділянка №4 (с. Дубриничі): *повна* (бал 3) - 58-60%,
середня (бал 2) - 40-42%;
- дослідна ділянка №5 (с. Вишка, територія НПП Ужанський): *повна* (бал 3) - 50-53%,
середня (бал 2) - 47-50%;
- дослідна ділянка №2 (с. Вовкове): *середня* (бал 2) - 55-57%, *знижена* (бал 1) - 43-45%;
- дослідна ділянка №1 (с. Руські Комарівці): *середня* (бал 2) - 40-44%,
знижена (бал 1) - 56-60%;
- дослідна ділянка №3 (м. Ужгород, вул. О. Блистіва): *середня* (бал 2) - 25-30%,
знижена (бал 1) - 70-75%.

4.3. Санітарний стан обстежених деревних насаджень

У ході проведених сезонних польових досліджень фіксувались також деревні рослини (дерева і чагарники), де були присутні зовнішні

фітопатологічні ушкодження, що знижують рівень їхньої життєвості. Виявлено чотири типи основних ушкоджень по яких здійснювався аналіз ушкоджень: сухостійні дерева і кущі, суховершинні, всихаючі та аварійно похилені і зламані.

На кожній із досліджуваних ділянок фіксувався тип виявленого ушкодження, його розташування на конкретному дереві чи чагарнику. Отримані результати для зручності представлені у відсотках. Розподіл зафіксованих ушкоджень на досліджуваних ділянках проілюстровано нижче (рис. 4.1).

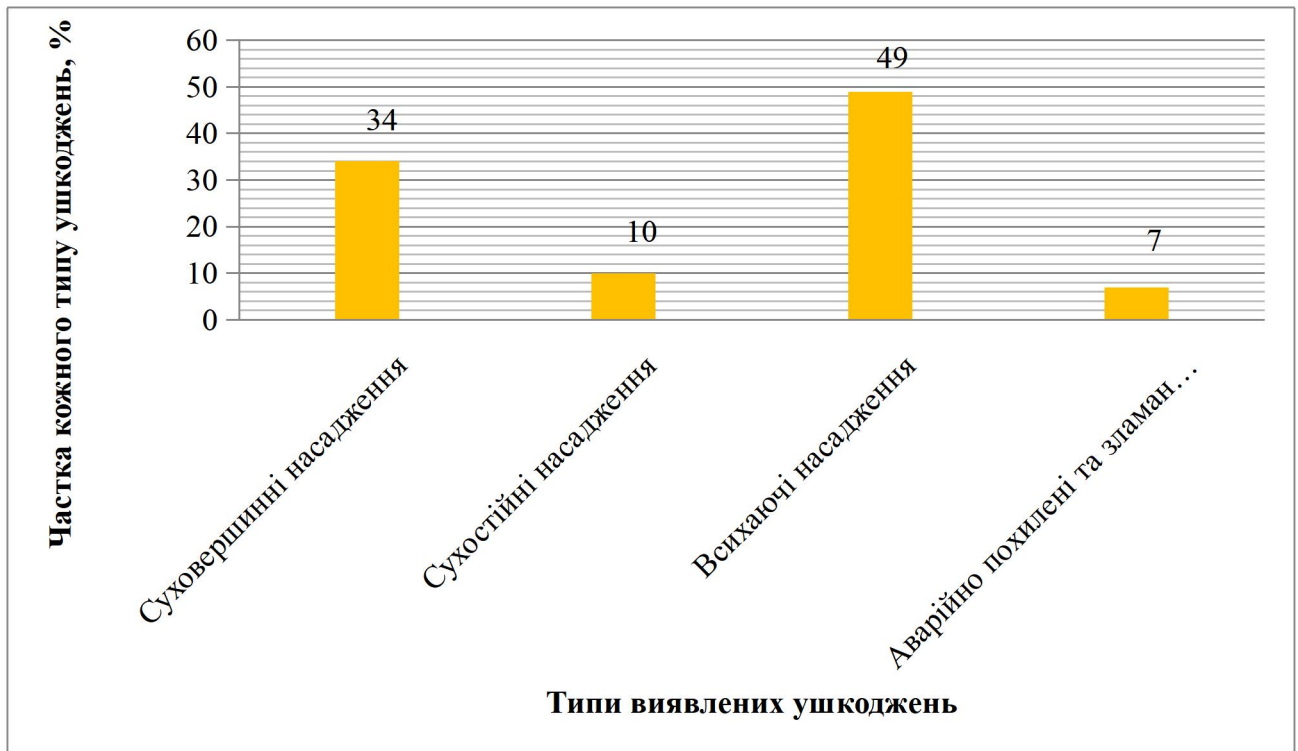


Рисунок 4.1 - Виявлені типи основних ушкоджень деревних насаджень

Як видно з рисунку, найбільшу частку з типів ушкоджень деревних насаджень обстежених дослідних ділянок, посідають всихаючі насадження, які становили на час проведення досліджень, частку 49%. Частки інших типів ушкодження є наступними: суховершинні насадження - 34%, сухостійні насадження - 10% і аварійно похилені та зламані насадження - 7%.

Як показав аналіз насаджень, частина з них була уражена радіальними морозобійними тріщинами та грибковими ураженнями, серед яких фіксувались

ядрова гниль, небезпека якої полягає у руйнуванні деревини стовбура та скелетних гілок зсередини, роблячи їх слабшими та схильними до обламувань. причому ззовні дерево може виглядати здоровим, але на ньому можуть з'явитися грибкові нарости.

На ряді екземплярів сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.), фіксувались ураження хворобою Шютте, яка спричиняє пожовтіння або побуріння і передчасне опадання хвої, починаючи з нижніх гілок. Хвоїнки були вкриті чорними, а також коричневими плямами.

Стовбур частина насаджень був вкритий плодовими тілами трутовиків, що ослаблюють насадження, використовуючи його поживні ресурси, спричиняють гниття та руйнування деревини зсередини. Фіксувались наступні види трутовиків: на березі повислій (*Betula pendula* Roth.) - трутовик справжній (*Fomes fomentarius* (L.) J.J. Kickx (родина Трутовикові (*Polyporaceae*)), на робінії звичайній (*Robinia pseudoacacia* L.) - трутовик несправжній (*Phellinus igniarius* (L.) Ouel. (родина Гіменохетові (*Hymenochaetaceae*)), трутовик сірчано-жовтий (*Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill) (родина Фомітопсисові (*Fomitopsidaceae*)) на стовбурах тополі білої (*Populus alba* L.).

Задля зниження рівня ураження дерев важливо проводити наступні профілактичні роботи:

- 1) підвищувати імунітет дерев за допомогою своєчасних підживлень (фосфор, калій, азот);
- 2) обробляти зрізи після обрізки садовим варом;
- 3) регулярно прибирати опале листя та муміфіковані плоди.

Також проводити заходи з лікування фітопатологічних захворювань:

- 1) При сильному ураженні видаляти уражені частини дерева;
- 2) Використовувати фунгіциди. Обробку слід проводити вранці або ввечері, в суху погоду, дотримуючись інструкції препарату;
- 3) При необхідності слід повторити обробку через 7-10 днів.
- 4) Застосовувати можна такі препарати, як наприклад, бордоську суміш або Хорус.

Частина крон була уражена багаторічним вічнозеленим геміпаразитом омелою звичайною (*Viscum album* L.), який належить до родини Санталові (*Santalaceae*).

У процесі досліджень зафіксовано ураження крон наступних деревних видів: тополі білої (*Populus alba* L.) (20-25% крони), берези повислої (*Betula pendula* Roth.) (10-15% крони), верба козяча (*Salix caprea* L.) (8-10% крони).

Серед заходів, які рекомендуються для боротьби з омелою звичайною (*Viscum album* L.), виділяють механічні методи, які включають регулярну обрізку, вчасну санітарну обрізку та утилізацію зрізаних гілок шляхом спалювання аби запобігти повторному інфікуванню, а також хімічні методи (обприскування хімічними засобами сертифікованими саме проти омели, використання гербіцидів).

Профілактичні заходи включають наступне: регулярний огляд задля своєчасного виявлення та видалення молодих кущів омели білої, забезпечення оптимальних умов для росту дерев, щоб підвищити їхню стійкість до паразитів.

4.4. Експрес-діагностика життєвості деревних насаджень на постпірогенних територіях за допомогою електрофізіологічних методів

Експрес-діагностика життєвості деревних насаджень за допомогою електрофізіологічних методів, є одним із методів швидкої оцінки фізіологічного стану рослин, оперативного виявлення стресу, спричиненого антропогенним забрудненням, впливом пожеж у природних екосистемах, запобігання поширенню фітопатологічних захворювань.

Даний підхід при визначенні рівня життєвості деревних рослин базується на швидкій оцінці візуальних ознак (санітарний стан, приріст, колір листя) та інструментальних методах (імпеданс, поляризаційна ємність) для визначення фізіологічного стану в умовах стресу. Рівень життєвості відображає здатність насаджень адаптуватися, протистояти шкідникам та екологічним навантаженням.

Використання даних методів, дозволяє на основі тривалих досліджень здійснити диференційовану оцінку рівнів життєвості деревних насаджень, поділивши їх на: високий рівень життєвості (здорові дерева, активний приріст, висока стійкість до урбогенних чинників), середній рівень життєвості (послаблені дерева, незначні пошкодження, знижена адаптація) та середній рівень життєвості (сильно послаблені, сухостій, дерева уражені).

Використання електрофізіологічних методів має ряд суттєвих переваг: оперативність та точність, адже дозволяють миттєво визначити стан дерева, наприклад, через аналіз індексу життєвості, що вимірюється у насадженнях, дозволяють провести діагностику прихованого стресу (виявляє фізіологічні порушення ще до появи зовнішніх видимих ознак), допомагає вчасно виявити аварійні або відмерлі дерева для їх своєчасного видалення, дозволяє уникнути витрат на лікування нежиттєздатних дерев та планувати заходи, спрямовані на оздоровлення.

Саме тому для вивчення рівня життєвості рослини з повним збереженням її складної клітинно-тканинної системи використовуються електрофізіологічні методи [114, 115].

Виходячи із вище зазначеного, впродовж вегетаційного сезону 2025 року, на дослідній ділянці, розташованій на віддалі 2 км від населеного пункту Руські Комарівці Бранинської ОТГ Ужгородського району Закарпатської області, проводились дослідження рівнів імпедансу та поляризаційної ємності деревних насаджень, для визначення рівня життєвості фізіологічного стану в умовах стресу. Дана відкрита територія є загального користування (рис. 4.2).

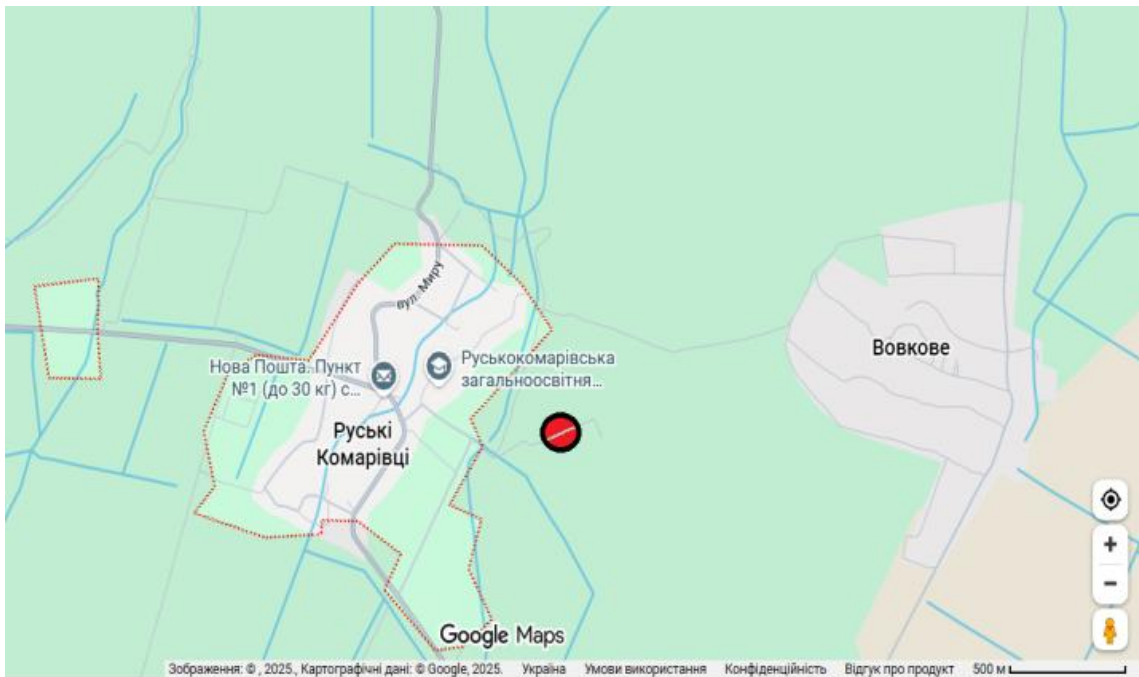


Рисунок 4.2 - Картосхема розташування досліджуваної ділянки поблизу с. Руські Комарівці (географічні координати - 48.520185, 22.451599)

Досліджувана ділянка знаходиться на відкритому просторі рівнинного рельєфу, який поступово піднімається вгору під кутом 20-30°. Поруч розташовані сільськогосподарські угіддя та угіддя зайняті виноградниками. Дана місцевість характеризується впливом інтенсивних вітрових потоків, пониженою природною вологістю ґрунту, заляганням дернових супіщаних та суглинкових ґрунтів, з низькою вбираючою здатністю, яка не сприяє засвоєнню поживних речовин, характеризуються малим шаром гумусу, низькою родючістю. Тут зафіксовані сліди впливу вітрової і частково водної ерозії. Щільність поверхні - 20-25 кг/см² (ІІІ категорія).

Присутній також значний рослинний покрив лучного типу. З північного боку ділянки присутні лісові площі, із значним природним поновленням, котрі простягаються у напрямку населеного пункту [111].

Чинником стресу, котрий впливає на рівень життєвості насаджень та їхньої фізіологічної стійкості виступають пожежі у природних екосистемах, котрі часто тут трапляються. Зокрема, 07 вересня 2024 р. тут була зафіксована пожежа, у результаті якої, відбулось загорання сухої трави, чагарників та дерев.

Сповіднення надійшло 14 год. 20 хв., час прибуття 1-го підрозділу 14 год. 53 хв., площа 3 га. Локалізація пожежі відбулась о 22 год. 20 хв. Ліквідація пожежі о 22 год. 31 хв. Загальна площа пожежі становила 9 га. Причиною пожежі стало недбале поводження населення та запалювання сухої трави на сільськогосподарських ділянках, розташованих неподалік.

На території, яка була піддана впливу пожежі ідентифіковано наступні види деревно-чагарникових насаджень: вільха сіра (*Alnus incana* (L.) Moench.), дуб звичайний (*Quercus robur* L.), тополя біла (*Populus alba* L.), осика (*Populus tremula* L.), сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.), береза повисла (*Betula pendula* Roth.), робінія звичайна (*Robinia pseudoacacia* L.), яблуня лісова (*Malus sylvestris* Mill.).

Співвідношення проективного покриття: трав'янисті види - 15 видів (65,2%), деревно-чагарникові - 8 видів (34,8%). Присутні ділянки з поодиноким, мозаїчним та практично суцільним розташуванням рослинного покриву. Проективне покриття території - 40-45%.

Для індикації стану життєвості рослин проводили визначення електричного опору прикамбіальної тканини (імпеданс) та поляризаційну ємність. Фізіологічний стан оцінювався у співвідношенні обох показників: у ослаблених рослин, які зростають в несприятливих умовах імпеданс виявився високим, а поляризаційна ємність навпаки, низькою. Отримані сезонні результати представлено нижче у зведеній таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 - Сезонна динаміка імпедансу та поляризаційної досліджуваних деревних рослин

Досліджуваний період	Імпеданс (R, Ом)	P, 95%	Поляризаційна ємність (C, мФ), 95%	Імпеданс (R, Ом)	P, 95%	Поляризаційна ємність (C, мФ)	P, 95%	
	<i>Alnus incana</i> (L.) Moench.				<i>Quercus robur</i> L.			
квітень	63,10±0,12	0,50	0,24±0,01	0,05	105,17±0,15	0,63	0,22±0,01	0,05
травень	68,10±0,06	0,25	0,28±0,01	0,02	125,93±0,41	1,74	0,19±0,01	0,04
червень	71,8±0,17	0,75	0,34±0,01	0,02	121,23±0,49	2,11	0,24±0,01	0,02
липень	63,10±0,5	2,17	0,34±0,01	0,05	129,23±0,22	0,94	0,25±0,01	0,02
серпень	65,53±0,22	0,94	0,30±0,01	0,04	132,23±0,15	0,63	0,21±0,01	0,01

вересень	68,8±0,06	0,25	0,25±0,01	0,02	121,83±0,42	1,80	0,18±0,01	0,02
жовтень	70,03±0,15	0,63	0,25±0,01	0,02	116,9±0,26	1,14	0,15±0,01	0,04
Досліджуваний період	Імпеданс (R, Ом)	P, 95%	Поляризаційна ємність (C, мФ)	P, 95%	Імпеданс (R, Ом)	P, 95%	Поляризаційна ємність (C, мФ)	P, 95%
	<i>Pinus sylvestris</i> L.				<i>Robinia pseudoacacia</i> L.			
квітень	57,97±0,09	0,38	0,21±0,01	0,02	101,13±0,09	0,38	0,19±0,01	0,02
травень	65,93±0,32	1,37	0,27±0,01	0,02	128,37±0,18	0,76	0,17±0,01	0,01
червень	68,93±0,18	0,76	0,32±0,01	0,04	116,23±0,78	3,37	0,24±0,01	0,04
липень	59,63±0,66	2,86	0,32±0,01	0,06	123,0±0,52	2,24	0,24±0,01	0,04
серпень	62,57±0,66	2,86	0,26±0,01	0,04	121,47±2,49	10,72	0,2±0,01	0,02
вересень	64,43±0,18	0,76	0,24±0,01	0,02	115,07±0,27	1,17	0,18±0,01	0,02
жовтень	67,47±0,09	0,38	0,22±0,01	0,03	106,17±0,2	0,87	0,15±0,01	0,02

Згідно отриманих даних, що простежується у розрізі періодів весна-літо-осінь, у досліджуваних деревних рослин, котрі зростають у більш сприятливих умовах едафотопів та кліматопів, значення імпедансу фіксувались низькими, а рівень поляризаційної ємності, навпаки високим. Дані віталізаційні аспекти, відображається у зовнішньому фізіологічному вигляді, зокрема характерному природному забарвленні, повноті габітусу, мінімальній кількості сухих пагонів та фітопатологічних ушкоджень.

Ослаблені ж дослідні деревні екземпляри, демонстрували суттєво вищі показники імпедансу і нижчий рівень поляризаційної ємності. У зовнішньому вигляді присутні значні зміни: тм'яність і сухість листя, пагонів, менша щільність і розгалуженість намету, тріщини на стовбурі, відшарування кори, спричинені впливом підвищених температур внаслідок пожеж, що є свідченням пониженого рівня фізіологічної життєвості та довговічності насаджень.

Одержані результати досліджень підтвердили ефективність використання методів експрес-діагностики рівнів життєвості деревних насаджень постпірогенних територій у комплексі із іншими фізіологічними методами. Окрім того аналіз даних параметрів також може служити фітоіндикатором стану навколишнього природного середовища у локальних умовах місцезростань.

4.5. Екологічна структура рослинності досліджуваних ділянок

Важливе місце у дослідженні деревної та трав'янистої рослинності досліджуваних ділянок, посідало вивчення особливостей їхньої екологічної структури за такими важливими ідентифікаційними показниками: відношенням до багатства едафотопів, рівня вологості та освітлення.

У структурі ідентифікованої деревної та трав'янистої рослинності, виділено за відношенням до наявності поживних речовин у едафотобах (трофності) наступні класифікаційні групи: види, які віддають перевагу середнім за рівнем трюфності умовам місцезростання (мезотрофи) - 51%, види, які віддають перевагу бідним умовам місцезростання (оліготрофи) - 22,5% і види, які віддають перевагу багатим умовам місцезростання (мегатрофи або еутрофи) - 26,5% (рис. 4.3).

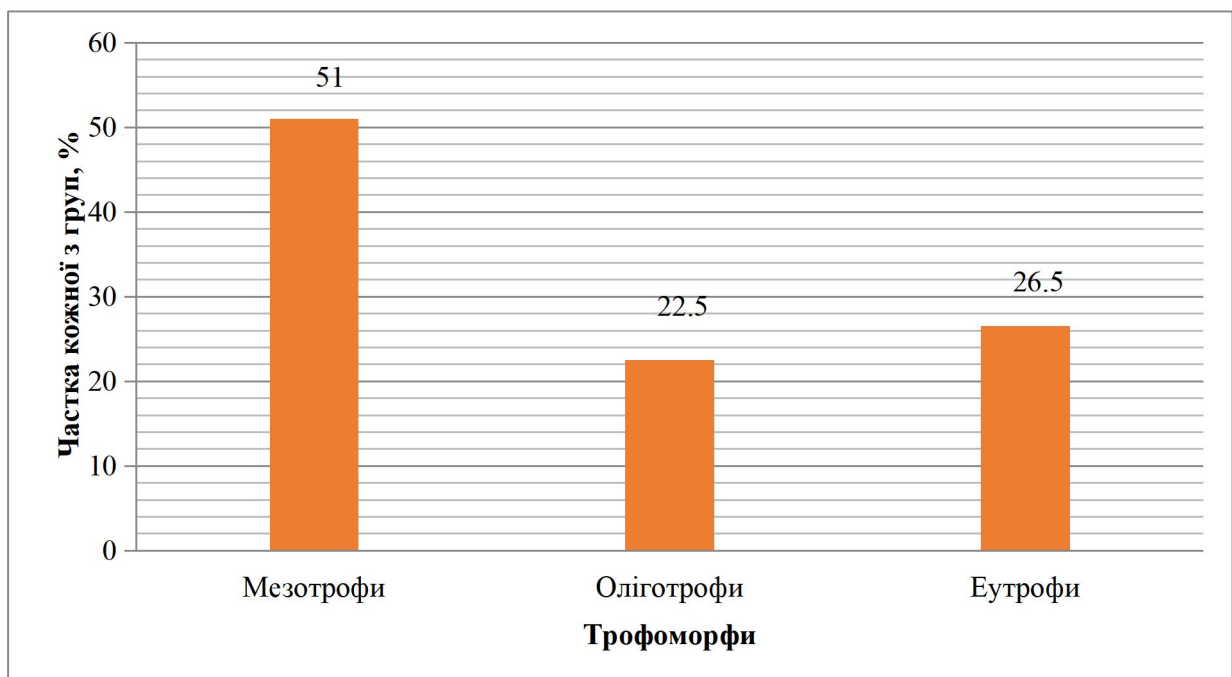


Рисунок 4.3 - Структура рослинного покриття за трофоморфами

Щодо відношення рослин до зволоження, виявлено наступні класифікаційні групи (гігроморфи): ксеромезофіти (рослини, які мають деякі пристосування що дозволяють їм переносити нетривалу засуху), мезоксерофіти

(посуhostійкі рослини з високою конкурентноздатністю за умов достатнього водопостачання, володіють інтенсивною транспірацією і невисокою стійкістю до зневоднення тканин), мезофіти (рослини, пристосовані до життя в умовах середнього водозабезпечення (середня вологість ґрунту і повітря)), мезогідрофіти (займають проміжне положення між гідрофітами та мезофітами) і гідрофіти (вологолюбні рослини, що живить на надлишково зволоженому ґрунті).

Встановлено наступне співвідношення даних груп: ксеромезофіти -13,5%, мезоксерофіти -23%, мезофіти - 37,5%, мезогідрофіти - 12%, гідрофіти - 14%. Співвідношення їх часток подано нижче (рис. 4.4).

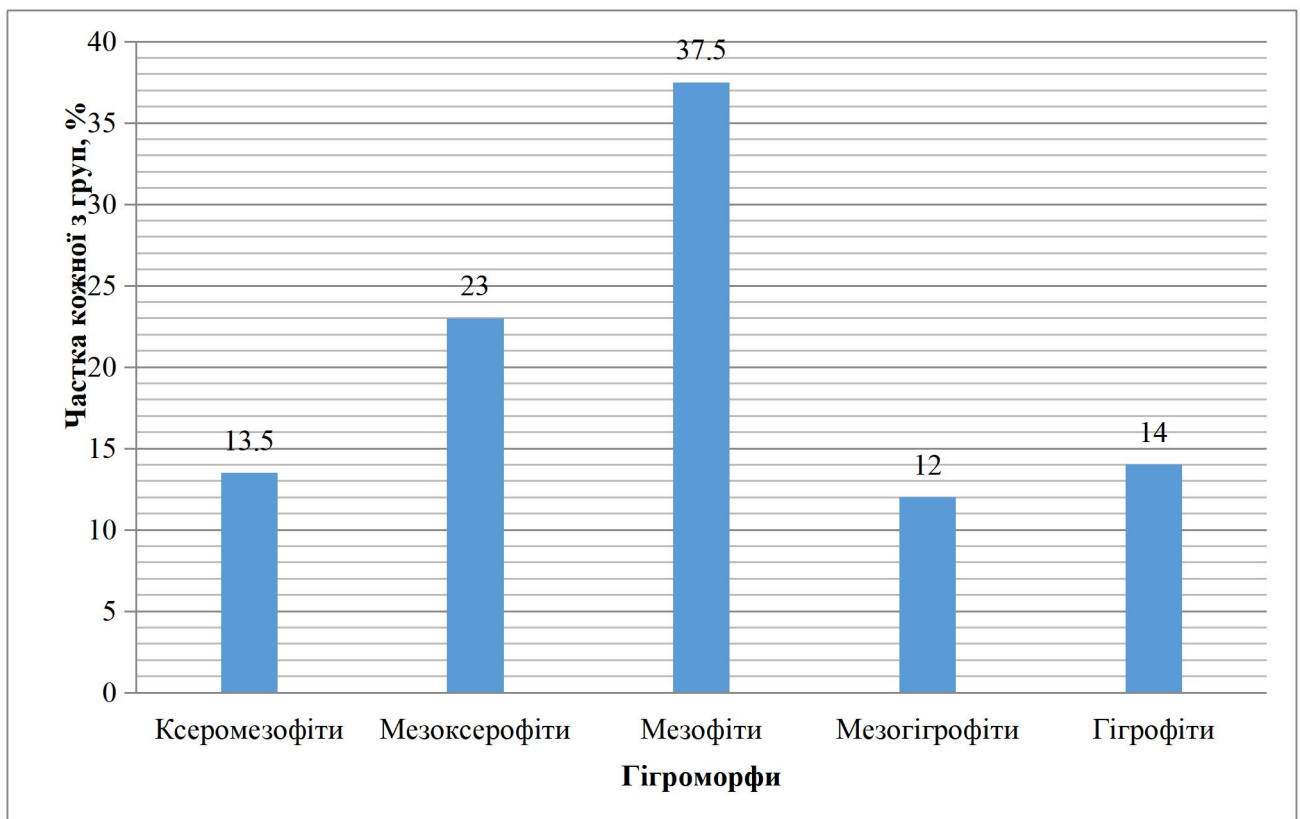


Рисунок 4.4 - Структура рослинного покриву за гігморфами

За відношенням до освітлення території місцезростання та адаптації рослин до світлового режиму (геліоморфізм), зафіксовано наступні класифікаційні групи рослинного покриву: геліофіти (рослини, які можуть розвиватися лише в умовах повного сонячного освітлення, сильне затінення

пригнічує їхній ріст. Відносяться рослини відкритих місцезростань); сціофіти (рослини, які розвиваються в умовах недостатнього освітлення (потребують 1/3 і менше від повного освітлення і не переносять яскравого світла); сціогеліофіти (світлолюбні рослини, але за рахунок широкої екологічної амплітуди по відношенню до світла можуть жити в умовах значного затінення); геліосціофіти (тіньоллюбні рослини, які можуть розвиватися і в умовах повного сонячного освітлення).

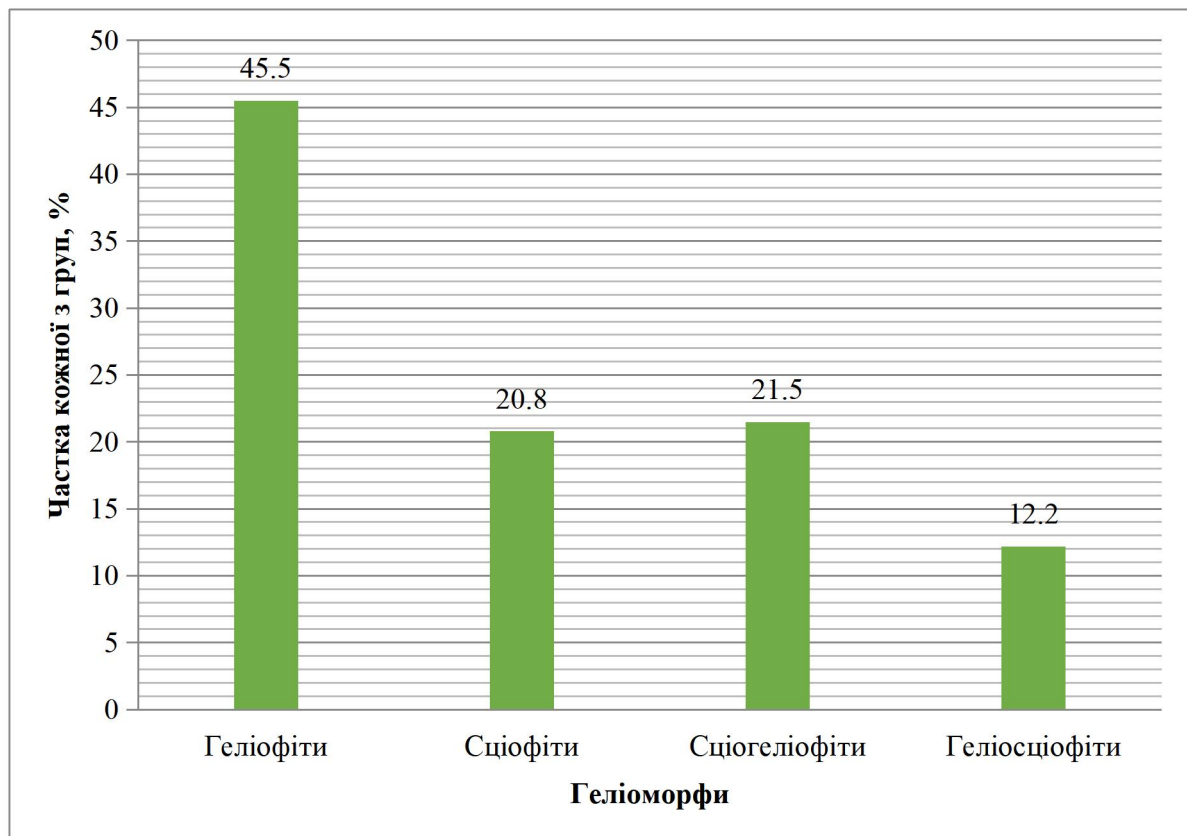


Рисунок 4.5 - Структура рослинного покриву за геліоморфами

Встановлено наступне співвідношення даних груп: геліофіти - 45,5%, сціофіти - 20,8%, сціогеліофіти - 21,5%, геліосціофіти - 12,2%. Співвідношення їх часток подано нижче (рис. 4.5).

4.6. Фізико-хімічні властивості постпірогенних ґрунтів

Дата проведення лабораторних досліджень: 06-23 червня 2025 року.
Місце відбору: лісовий масив у с. Руські Комарівці, Ужгородського району Закарпатської області. Проведений фізико-хімічний аналіз показав суттєві зміни агрохімічних показників ґрунту після впливу лісової пожежі (табл. 4.5).

Таблиця 4.5 - Результати фізико-хімічного аналізу постпірогенних ґрунтів у с. Руські Комарівці, Ужгородського району Закарпатської області після лісової пожежі у 2025 році

Назва показника	МДР за нормативними документами	Результати випробувань	Метод / позначення НД та метод випробувань	Невизначеність вимірювання
Північ				
Вміст рухомих сполук фосфору. мг / кг	фактичний показник	8,7	спектрофотометричний (ДСТУ 4405:20051)	± 0,7
Вміст нітратного азоту, мг/кг	фактичний показник	< 2,8	потенціометричний (ПВ 7.2-51)	не визначилась
Центр				
Вміст рухомих сполук фосфору. мг / кг	фактичний показник	7,5	спектрофотометричний (ДСТУ 4405:20051)	± 0,1
Вміст нітратного азоту, мг/кг	фактичний показник	< 2,8	потенціометричний (ПВ 7.2-51)	не визначалась
Захід				
Вміст рухомих сполук фосфору, мг / кг	фактичний показник	8,7	спектрофотометричний (ДСТУ 4405:20051)	± 0,6
Вміст нітратного азоту	фактичний показник	< 2,8	потенціометричний (ПВ 7.2-51)	не визначалась

о азоту, мг/кг				
Південь				
Вміст рухомих сполук фосфору. мг / кг	фактичний показник	16,2	спектрофотометричний (ДСТУ 4405:20051)	± 1,8
Вміст нітратног о азоту, мг/кг	фактичний показник	< 2,8	потенціометричний (ПВ 7.2-51)	не визначалась
Схід				
Вміст рухомих сполук фосфору. мг / кг	фактичний показник	14,9	спектрофотометричний (ДСТУ 4405:20051)	± 1,6
Вміст нітратног о азоту, мг/кг	фактичний показник	< 3,35	потенціометричний (ПВ 7.2-51)	± 0,1
Контроль				
Вміст рухомих сполук фосфору. мг / кг	фактичний показник	8,0	спектрофотометричний (ДСТУ 4405:20051)	± 0,7
Вміст нітратног о азоту, мг/кг	фактичний показник	< 2,8	потенціометричний (ПВ 7.2-51)	не визначалась
Північ				
Вміст рухомих сполук фосфору. мг / кг	фактичний показник	9,8	спектрофотометричний (ДСТУ 4405:20051)	± 0,7
Вміст нітратног о азоту, мг/кг	фактичний показник	4,15	потенціометричний (ПВ 7.2-51)	± 0,1

Вміст рухомих сполук фосфору варіював у межах 7,5-16,2 мг/кг, із середнім значенням 10,54 мг/кг. Найвищі концентрації зафіксовано у південному (16,2 мг/кг) та східному (14,9 мг/кг) напрямках, що свідчить про локальне накопичення зольних елементів у зонах найбільш інтенсивного горіння.

Статистичний аналіз показав високу варіабельність показників ($V = 32\%$), що підтверджує просторову неоднорідність впливу пожежі на ґрунтовий покрив. Порівняння з контрольною ділянкою (8,0 мг/кг) вказує на зростання вмісту фосфору приблизно на 32%.

Багатофакторна регресійна модель показала, що просторові чинники суттєво впливають на розподіл рухомих сполук фосфору у ґрунті після лісової пожежі ($R^2 = 0,32$). Встановлено позитивну залежність концентрації фосфору від східного напрямку та негативну - від північного, що свідчить про вплив напрямку поширення пожежі та переносу зольних залишків. Регресійна модель загалом відповідає реальним даним, а наявність відхилень спричинена додатковими чинниками (у тому числі метеорологічними) (рис. 4.6).

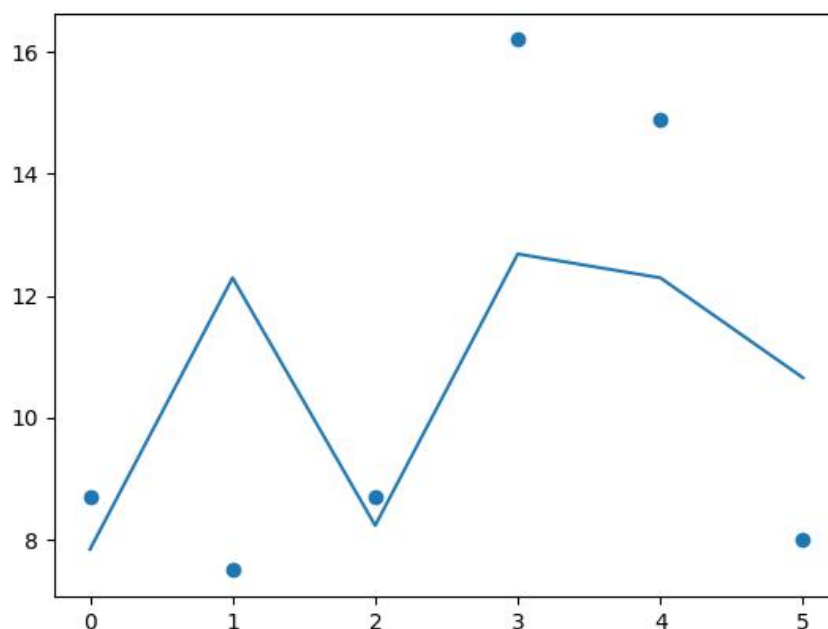


Рисунок 4.6 - Графік регресії рухомих сполук фосфору (мг/кг)

Вміст нітратного азоту у більшості зразків залишався на рівні менше 2,8 мг/кг, за винятком окремої точки (4,15 мг/кг), що свідчить про загальне зниження азотного фонду ґрунту внаслідок термічного впливу. Це може бути пов'язано з процесами денітрифікації, випаровування та мінералізації органічної речовини.

Просторовий розподіл нітратного азоту характеризується низькою варіабельністю та відсутністю чітко виражених зон накопичення. Більшість значень знаходяться на рівні нижче межі визначення (<2,8 мг/кг), що свідчить про значне виснаження азотного фонду ґрунтів після пожежі. Локальне підвищення має точковий характер і не формує стійкого просторового тренду (рис. 4.7).

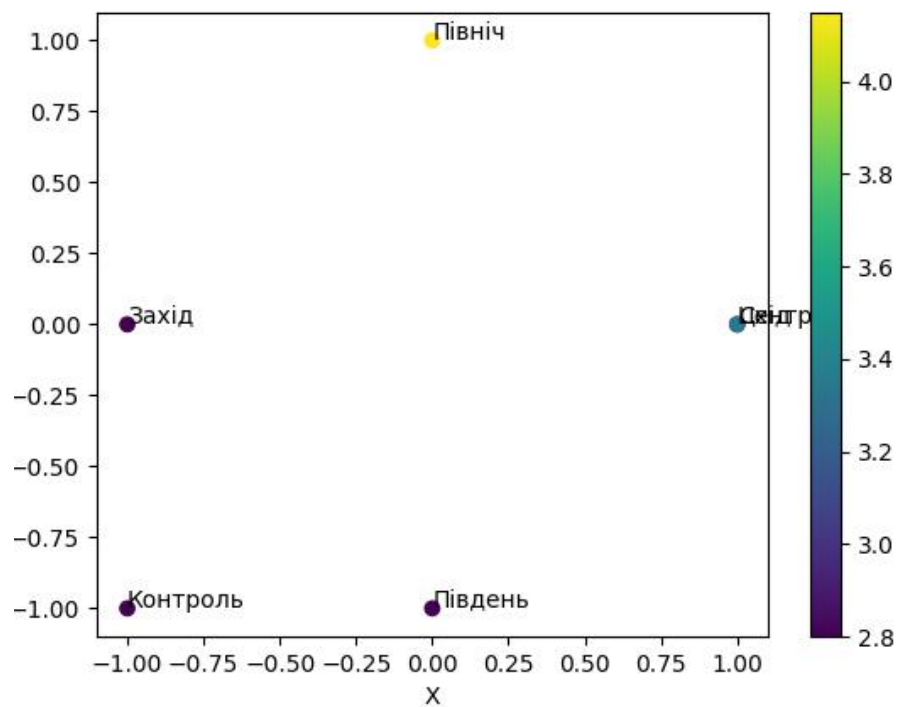


Рисунок 4.7 - Карта розподілу нітратного азоту (мг/кг)

Порівняння з нормативними значеннями показало відсутність перевищення гранично допустимих концентрацій для досліджуваних показників. Водночас встановлено перерозподіл поживних елементів, зокрема локальне збагачення фосфором.

Таким чином, лісова пожежа спричинила підвищення вмісту мінеральних елементів (зокрема фосфору) та зниження азотного забезпечення ґрунту, що є типовою реакцією екосистем на термічний вплив.

4.7. Температура займання та температура самозаймання зразків рослинності відібраних з територій порушених пожежами в природних екосистемах

Пожежі в природних екосистемах є одним із ключових чинників трансформації біогеоценозів, що призводить до значних екологічних, економічних та соціальних втрат. У сучасних умовах зростання частоти та інтенсивності лісових і лучних пожеж особливого значення набуває вивчення процесів займання рослинних матеріалів, зокрема визначення температури займання та температури самозаймання рослинності. Саме ці параметри лежать в основі розуміння механізмів виникнення та розвитку пожеж, а також формування систем прогнозування та запобігання пожежним ризикам.

За даними сучасних досліджень, процес займання рослинних матеріалів є складним багатостадійним явищем, яке включає нагрівання, випаровування вологи, піроліз та власне займання. Ці процеси визначаються фізико-хімічними властивостями горючого матеріалу та умовами довкілля. Температура займання характеризує мінімальну температуру, за якої матеріал починає горіти за наявності зовнішнього джерела тепла, тоді як температура самозаймання визначає здатність матеріалу до загоряння без зовнішнього впливу, лише внаслідок внутрішніх екзотермічних процесів.

Аналіз літератури свідчить, що температура є одним із ключових чинників, які визначають ймовірність виникнення пожеж та швидкість їх поширення. Вона впливає як безпосередньо на досягнення матеріалом температури займання, так і опосередковано - через зміну вологості, теплопереносу та інших параметрів середовища. Вологість рослинності, у свою чергу, виступає критичним чинником, що визначає її займистість, оскільки

значна частина теплової енергії витрачається на випаровування води, знижуючи ймовірність займання [116].

Особливу увагу в наукових дослідженнях приділяють явищу самозаймання, яке може відбуватися внаслідок процесів самонагрівання органічної речовини. Такі процеси пов'язані з повільними екзотермічними реакціями окиснення або біохімічною активністю, що за певних умов призводить до накопичення тепла і досягнення критичної температури займання [117]. Це особливо характерно для органічно насичених субстратів (торф, підстилка, залишки рослинності), які часто формуються після пожеж і можуть бути джерелом повторних загорянь.

Необхідність визначення температури займання та самозаймання рослинності, відібраної з територій, порушених пожежами, зумовлена низкою практичних і наукових завдань. По-перше, це дозволяє оцінити зміну пожежної небезпеки після впливу вогню, оскільки термічно трансформована рослинність має інші фізико-хімічні властивості та може характеризуватися підвищеною або зниженою займистістю. По-друге, такі дослідження є основою для розроблення математичних моделей прогнозування виникнення та поширення пожеж, що є одним із ключових напрямів сучасної науки про пожежі. По-третє, отримані результати можуть бути використані для вдосконалення систем управління пожежною безпекою, планування протипожежних заходів і відновлення екосистем.

Таким чином, визначення температурних характеристик займання рослинності є важливим елементом комплексного дослідження пожежної небезпеки природних екосистем. Воно забезпечує наукове підґрунтя для оцінки ризиків, прогнозування поведінки пожеж та розроблення ефективних заходів щодо їх попередження і ліквідації, особливо на територіях, що вже зазнали впливу пожеж.

У нашому випадку для дослідження було взято такі види рослинності - *Tanacetum vulgare* L., *Chenopodium album* L., *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth.,

Bellis perennis L., *Populus tremula* L., *Betula pendula* Roth., *Prunus avium*, *Robinia pseudoacacia* L.

Дані щодо температурних показників рослинних зразків наведено у таблиці 4.6. та рис. 4.8-4.11.

Таблиця 4.6 - Зведені дані щодо температурних показників рослинних зразків

Найменування /зразок	Рівень відбору зразка деревини, см	Температура займання, °С	Температура самозаймання, °С
Осика - 1 (сухостій)			
1	20	265	475
2	70	265	475
3	120	275	475
4	170	265	475
5	220	275	475
Осика - 2 (жива)			
1	20	270	485
2	70	275	475
3	120	275	485
4	170	265	485
5	220	275	485
Береза			
1	20	245	465
2	70	245	465
3	120	245	465
4	170	245	465
5	220	245	465
Черешня			
1	20	265	455
2	70	265	455

3	120	265	465
4	170	265	465
5	220	265	465

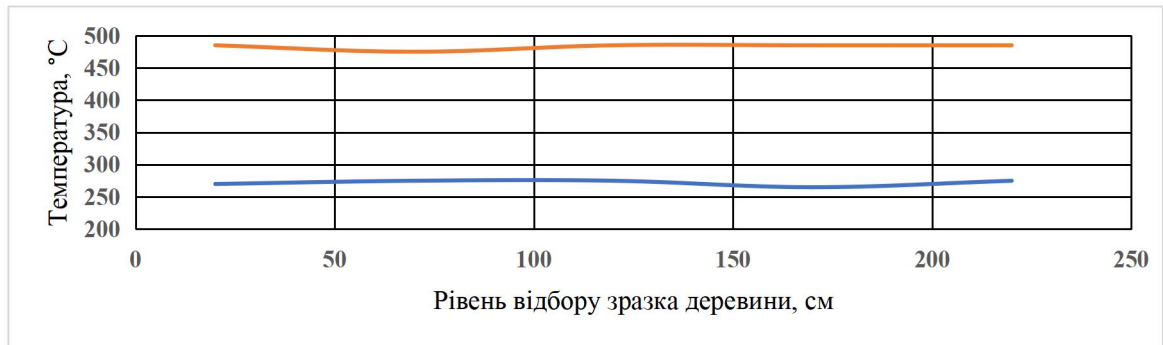


Рисунок 4.8 - Залежність температури займання і температури самозаймання від рівня місця відбору зразка деревини осики-1 (сухостій) над рівнем землі практично не змінюється, різниця в показах у межах похибки ($\pm 5^{\circ}\text{C}$), яка залежить від місця контакту спаю термоперетворювача (ТХА) на поверхні зразка деревини

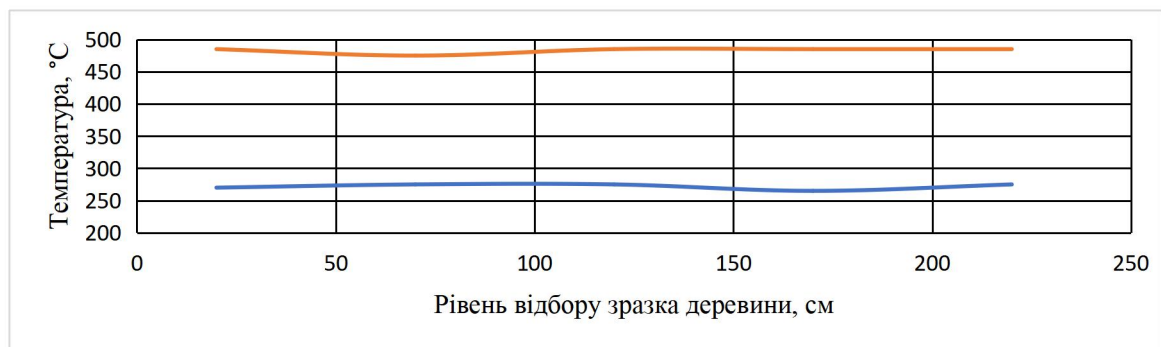


Рисунок 4.9 - Залежність температури займання і температури самозаймання від рівня місця відбору зразка деревини осики-2 (жива) над рівнем землі практично не змінюється, різниця в показах у межах похибки ($\pm 5^{\circ}\text{C}$), яка залежить від місця контакту спаю термоперетворювача (ТХА) на поверхні зразка деревини



Рисунок 4.10 - Залежність температури займання і температури самозаймання від рівня місця відбору зразка деревини берези над рівнем землі, не змінюється

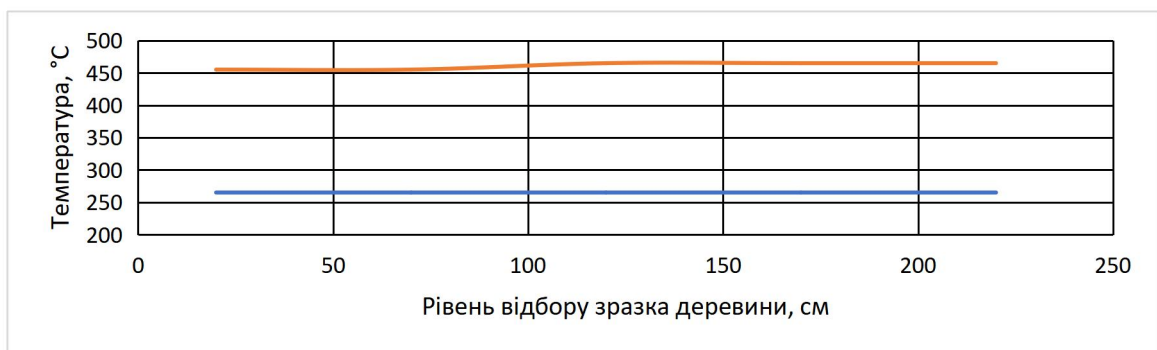


Рисунок 4.11 - Залежність температури займання і температури самозаймання від рівня місця відбору зразка деревини черешні над рівнем землі практично не змінюється, різниця в показках у межах похибки ($\pm 5^{\circ}\text{C}$), яка залежить від місця контакту спаю термоперетворювача (ТХА) на поверхні зразка деревини

Листя акації мають температуру займання близьку до температури займання деревини акації, але вищу температуру самозаймання відносно деревини (табл. 4.7-4.8).

Таблиця 4.7 - Зведені дані щодо температурних показників зразків акації

Найменування /зразок	Рівень відбору зразка деревини, см	Температура займання, °C	Температура самозаймання, °C	Температура самозаймання в теплових умовах, 35×35×35 мм

Акація				
Листя	-	250	515	200
Гілки	-	245	485	-

Також, листя має здатність до теплового самозаймання в умовах експерименту, але в природі створення умов для даного процесу не відбувається.

Таблиця 4.8 - Зведені дані щодо температурних показників зразків кори осики

Найменування /зразок	Рівень відбору зразка деревини, см	Температура займання, °С	Температура самозаймання, °С
Кора осики			
Кора осики -1	-	265	535
Кора осики -2	70	260	525
	120	260	525

Різниця між показами для кори осики-1, що перебувала в умовах пожежі при високих температурах, і кори осики-2 - живої рослини, можна пояснити меншим вмістом легко летючих речовин у зразках після тривалої дії високих температур на них, у порівнянні з живою деревиною.

4.8. Теплові умови самозаймання зразків листя акації і трав'янистої рослинності відібраних з територій порушених пожежами в природних екосистемах

Листя деревних порід, у тому числі акації, характеризується значним вмістом летких органічних сполук та відносно низькою щільністю, що може сприяти швидкому нагріванню та інтенсифікації процесів піролізу. Водночас трав'яниста рослинність, особливо у висушеному стані, має високу питому

поверхню та низьку теплову інерцію, що зумовлює її підвищену займистість і здатність до швидкого поширення горіння. Після впливу пожеж ці властивості можуть істотно змінюватися внаслідок часткового обуглення, зменшення вологості та структурної деградації рослинного матеріалу.

Окремі дослідження підкреслюють, що післяпожежні рослинні залишки можуть виступати джерелом вторинних загорянь через процеси самонагрівання, особливо за умов накопичення органічної маси та обмеженого теплообміну. Водночас питання визначення теплових умов самозаймання для різних типів рослинності, відібраної з порушених пожежами територій, залишається недостатньо вивченим, що обмежує можливості прогнозування пожежної небезпеки та розроблення ефективних заходів її зниження.

Особливий науковий і практичний інтерес становить дослідження листя акації як представника швидкорослих деревних порід, широко поширених у трансформованих екосистемах, а також трав'янистої рослинності, яка формує основний горючий покрив у відкритих ландшафтах. Визначення теплових умов їх самозаймання дозволяє оцінити критичні параметри, за яких відбувається ініціація горіння без зовнішнього джерела запалювання, а також встановити відмінності у пожежонебезпечних характеристиках різних типів рослинного матеріалу.

Метою даного дослідження є визначення теплових умов самозаймання зразків листя акації та трав'янистої рослинності, відібраних із територій, порушених пожежами в природних екосистемах, а також встановлення впливу післяпожежної трансформації рослинного матеріалу на його пожежонебезпечні властивості. Отримані результати можуть бути використані для вдосконалення підходів до оцінки пожежних ризиків, моделювання розвитку пожеж та обґрунтування заходів із запобігання повторним загорянням у післяпожежних ландшафтах (табл. 4.9).

Таблиця 4.9 - Зведені дані щодо температурних показників рослинних зразків

Найменування	Температура	Температура	Температура
--------------	-------------	-------------	-------------

/зразок	займання, °С	самозаймання, °С	самозаймання в теплових умовах, у кошику з питомою поверхнею 171 м ⁻¹
Листя акації	250	515	200
Пижма	280	515	190
Лобода	255	535	200
Куничник наземний	240	515	230
Маргаритка багаторічна	280	525	200

Наведено експериментальні криві зміни температури в процесі теплового самозаймання листя акації в кошику з питомою поверхнею 171 м⁻¹. На початковому етапі (до 6 хв) спостерігається різке падіння температури середовища та елементів установки, що зумовлено внесенням холодного зразка до робочої камери. Протягом наступних 35 хвилин відбувається поступовий термічний прогрів матеріалу за рахунок зовнішнього теплоти, після чого крива внутрішньої температури зразка перетинає лінію температури камери в точці теплової рівноваги (близько +210 °С). Подальше стрімке зростання температури всередині зразка (синя лінія) суттєво випереджає температуру стінки кошика та камери, сягаючи максимуму близько +650 °С в районі 80-ї хвилини, що беззаперечно свідчить про інтенсивний розвиток екзотермічних реакцій та перехід процесу у фазу активного горіння. Завершальний етап після 85-ї хвилини характеризується стрімким охолодженням системи та стабілізацією показників на рівні початкової температури камери, що вказує на повне вигорання горючої маси зразка (рис. 4.12).

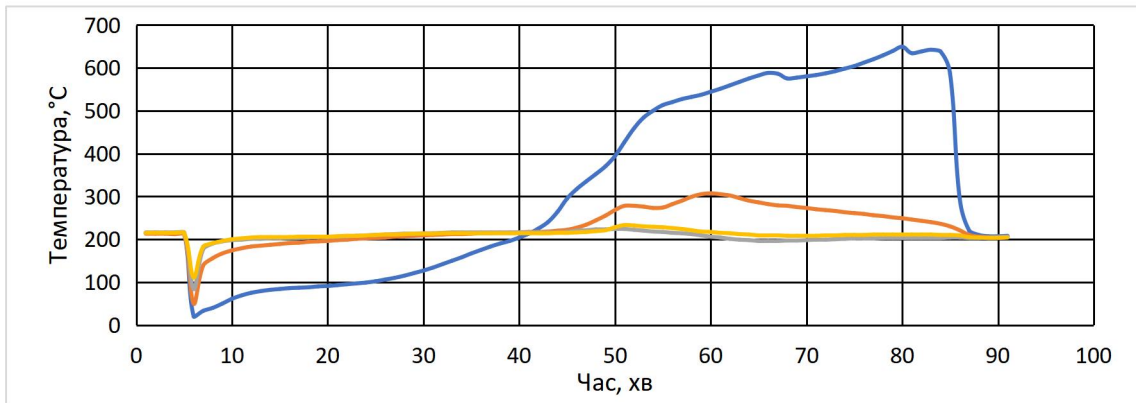


Рисунок 4.12- Графік теплового самозаймання листа акації в кошику з питомою поверхнею 171 м^2

- Температура в середині зразка в кошику, °C;
- Температура стінки кошика, °C;
- Температура в камері, °C.

Наведено експериментальні криві термічної залежності в процесі теплового самозаймання трав'яної маси пижми в кошику з питомою поверхнею 171 м^2 . Початкова стадія процесу тривалістю до 40-50 хвилин характеризується поступовим прогріванням системи, під час якого температура всередині зразка плавно наближається до стабілізованої температури камери (близько 190 °C). Після 50-ї хвилини спостерігається тривалий індукційний період акумуляції тепла, коли внутрішня температура біомаси починає перевищувати температуру навколишнього середовища, що вказує на ініціювання внутрішніх екзотермічних реакцій. Стрімкий стрибок кривої саморозігріву (синя лінія) розпочинається після 90-ї хвилини експерименту, коли температура зразка різко зростає та досягає екстремуму на рівні понад 600 °C у часовому інтервалі 125-130 хвилин. Кінцева фаза процесу після 132-ї хвилини відзначається різким падінням температурних показників і їх асимптотичним наближенням до вихідного теплового рівня камери, що свідчить про повне завершення вигорання органічної речовини (рис. 4.13).

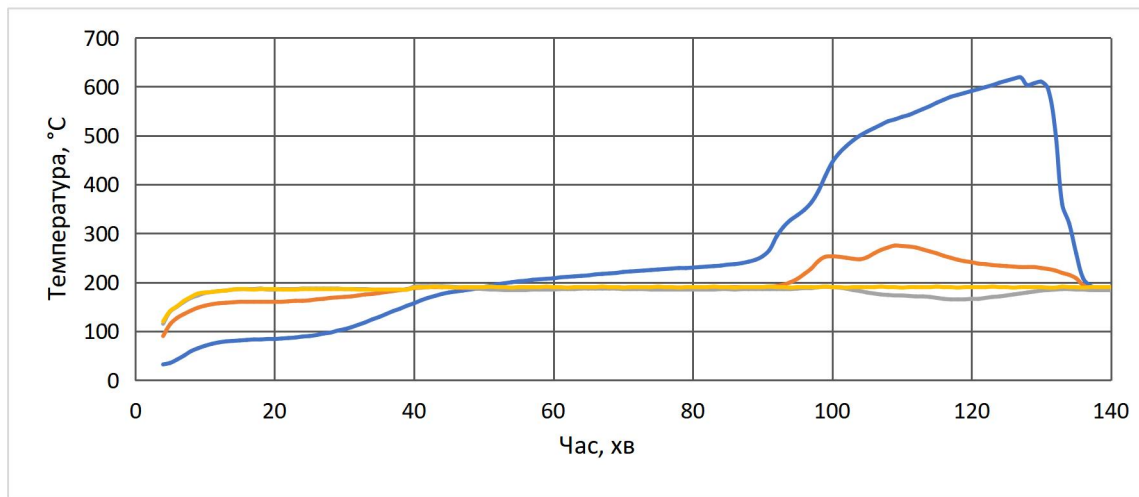


Рисунок 4.13 - Графік теплового самозаймання трав'яної маси пижми в кошику з питомою поверхнею 171 м^{-1}

Наведено експериментальні криві кінетики теплового самозаймання трав'яної маси лободи в кошику з питомою поверхнею 171 м^{-1} . Протягом початкових 40 хвилин дослідження спостерігається стандартний етап монотонного прогрівання біомаси під дією зовнішнього теплового поля камери (на рівні близько $190 \text{ }^{\circ}\text{C}$). Особливістю цього зразка є надзвичайно тривалий індукційний період (від 40 до 100 хвилин), під час якого внутрішня температура матеріалу утримується в режимі квазірівноваги з температурою середовища без видимих ознак саморозігріву. Фаза активного теплового вибуху та переходу до горіння ініціюється після 100-ї хвилини, супроводжуючись стрімким екзотермічним стрибком температури в середині зразка (синя лінія) до максимального значення близько $670 \text{ }^{\circ}\text{C}$ на 130-й хвилині експерименту. Завершальна стадія після 131-ї хвилини демонструє різкий спад температурних кривих через вичерпання горючого потенціалу рослинної маси та подальшу стабілізацію системи при початковій температурі камери (рис. 4.14).

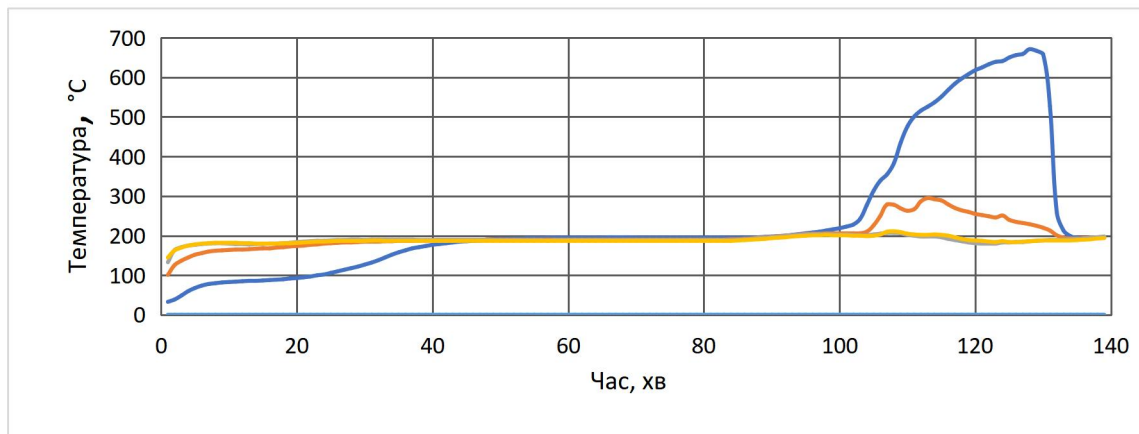


Рисунок 4.14 - Графік теплового самозаймання трав'яної маси лободи в кошику з питомою поверхнею 171 м^{-1}

Наведено експериментальні криві залежності температури від часу в процесі теплового самозаймання трав'яної маси куничника в кошику з питомою поверхнею 171 м^{-1} . Початкова стадія тривалістю до 12 хвилин відзначається монотонним прогріванням рослинного матеріалу, після чого температура в середині зразка досягає теплової рівноваги з навколишнім середовищем камери на рівні близько $210 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Характерною особливістю цієї системи є порівняно короткий індукційний період (від 12 до 37 хвилин), під час якого відбувається прихована акумуляція тепла за рахунок слабких ендотермічних перетворень у структурі біомаси. Стрімка стадія теплового вибуху ініціюється після 37-ї хвилини дослідження, коли крива внутрішньої температури (синя лінія) різко зростає та формує широкий екстремум із максимумом близько $570 \text{ }^{\circ}\text{C}$ у районі 45-ї хвилини. Завершальний етап після 53-ї хвилини експерименту демонструє швидке охолодження вогнища горіння та повну стабілізацію теплового стану системи на вихідному рівні температури камери внаслідок вигорання органічної речовини (рис. 4.15).

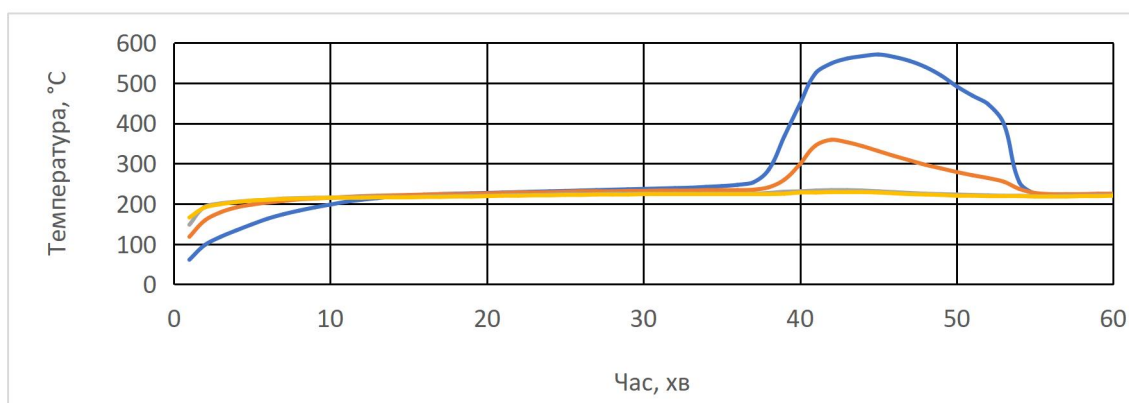


Рисунок 4.15 - Графік теплового самозаймання трав'яної маси куничника в кошику з питомою поверхнею 171 м^{-1}

Наведено експериментальні криві динаміки температурних змін у процесі теплового самозаймання трав'яної маси маргаритки багаторічної в кошику з питомою поверхнею 171 м^{-1} . Після початкового температурного збурення, викликаного внесенням холодного зразка, система протягом 35 хвилин виходить на режим теплового балансу із середовищем камери (близько $190 \text{ }^\circ\text{C}$). Дана рослинна маса демонструє аномально тривалий період індукції, що триває від 35-ї до 120-ї хвилини, під час якого матеріал перебуває у стані метастабільної теплової рівноваги без явних ознак розгону екзотермічних реакцій. Етап термохімічного вибуху ініціюється після 120-ї хвилини експерименту і супроводжується лавиноподібним зростанням внутрішньої температури зразка (синя лінія) до максимуму близько $650 \text{ }^\circ\text{C}$ в інтервалі 140-145 хвилин. Пост-вибухова фаза після 145-ї хвилини характеризується стрімким падінням температури внаслідок повного вичерпання реакційної маси з наступним плавним виходом системи на вихідний тепловий рівень робочої камери (рис. 4.16).

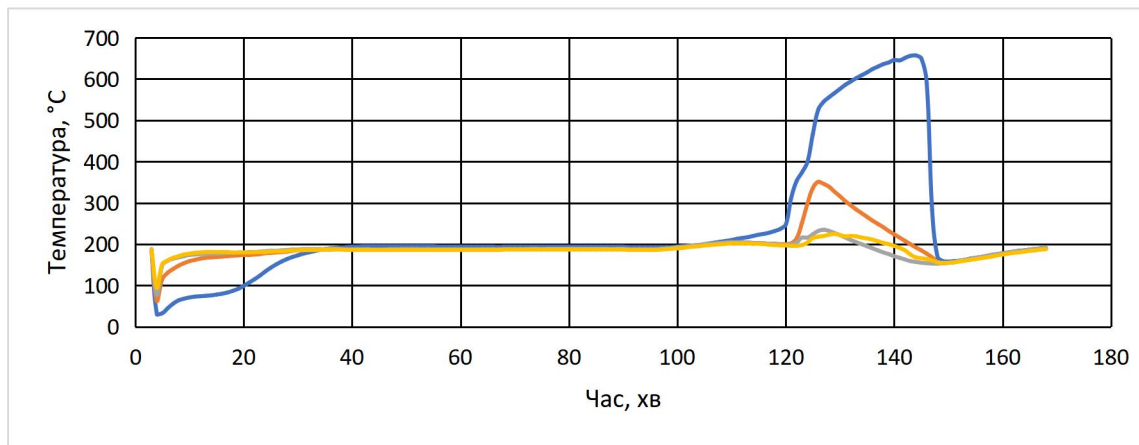


Рисунок 4.16 - Графік теплового самозаймання трав'яної маси маргаритки багаторічної в кошику з питомою поверхнею 171 м^2

Для всіх рослин з визначення здатності до теплових умов самозаймання рослин (рослинної сировини) характерні ступінчасті криві на графіках на ділянці $+70$ - $+100$ °C, що пояснюється процесом сушіння - випаровуванням внутрішньої вологи з подальшим прогріванням до заданої температури.

Всі рослинні матеріали зразків здатні до теплового самозаймання, але умови в природі для даних рослин відсутні: тривала температура вище $+70$ °C, скиртування у великих обсягах, висока щільність укладання тощо.

Для Закарпатської низовини ці дослідження мають особливе значення, оскільки регіон характеризується високою продуктивністю рослинного покриву, значною часткою лучних екосистем та сезонною динамікою вологості. У періоди літньої посухи відбувається швидке висушування трав'янистої рослинності, що створює сприятливі умови для виникнення та швидкого поширення пожеж. Визначення температур займання та самозаймання зразків рослинності, відібраних із територій, порушених пожежами, дозволяє: оцінити зміну пожежної небезпеки екосистем після впливу вогню; визначити найбільш небезпечні типи рослинних угруповань; удосконалити моделі прогнозування виникнення та поширення пожеж; обґрунтувати заходи з управління пожежними ризиками та відновлення екосистем.

Таким чином, дослідження температурних характеристик займання рослинності в умовах Закарпатської низовини є важливим науковим і

прикладним завданням, що сприяє підвищенню ефективності системи пожежної безпеки природних екосистем та забезпеченню екологічної стабільності регіону.

4.9. Газохроматографічний аналіз продуктів горіння сухої трави

З метою дослідження складу газоподібних продуктів горіння рослинності, відібраної з ділянок природних екосистем, що зазнали впливу пожеж, було проведено газохроматографічний аналіз. Дослідження виконували в науково-дослідній лабораторії пожежної безпеки Львівського державного університету безпеки життєдіяльності із застосуванням газового хроматографа «Хром-5».

Для ідентифікації та кількісного визначення компонентів продуктів горіння сухої трави з вологістю 10 % використовували колонку, заповнену цеолітом СаА (молекулярні сита 5А). Аналіз проводили при температурі 20 °С із використанням водню як газу-носія за витрати 20 мл/хв. Реєстрацію компонентів здійснювали за допомогою детектора за теплопровідністю (ДТП, катарометр). Хроматограму продуктів згоряння сухої трави, отриману за зазначених умов, наведено на рис. 4.17.

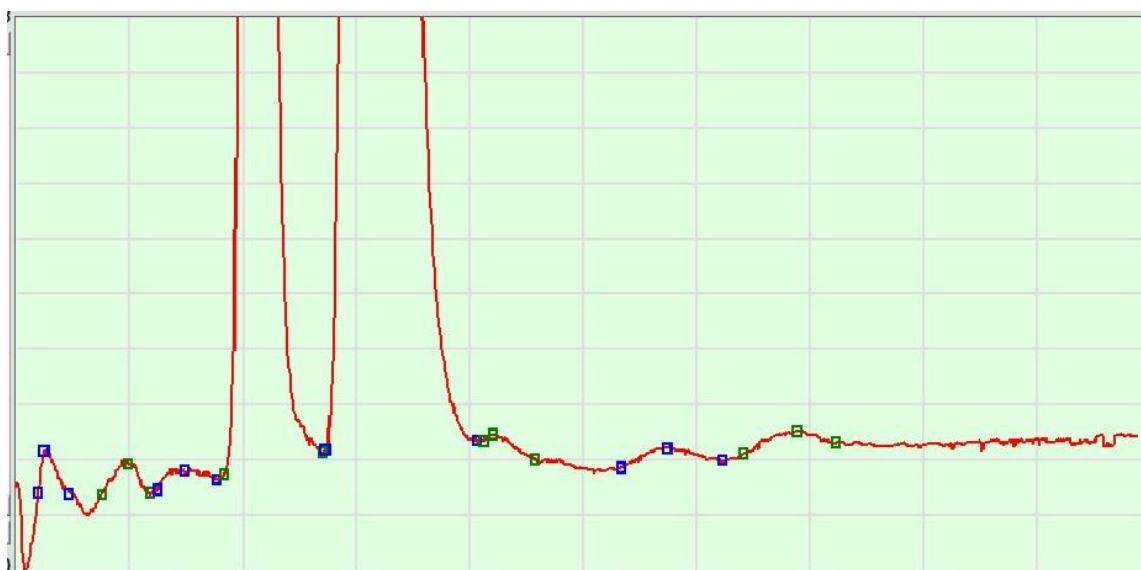


Рисунок 4.17 - Хроматограма продуктів згоряння сухої трави на сорбенті - цеоліт СаА

Хроматографічна колонка з цеолітом СаА характеризується високою селективністю щодо постійних газів та забезпечує ефективне розділення компонентів за їх молекулярними розмірами. При температурі 20 °С створюються оптимальні умови для розділення кисню, азоту, оксиду вуглецю та метану. Використання водню як газу-носія підвищує чутливість катарометра завдяки значній різниці теплопровідності між воднем та аналізованими газами. При цьому сам водень практично не реєструється на хроматограмі, що полегшує інтерпретацію отриманих результатів.

Аналіз хроматограми показав наявність декількох характерних піків. Перший сигнал із часом утримування 9,8 с відповідає піку мертвого об'єму системи та обумовлений короткочасним збуренням тиску під час введення проби. Наступні піки ідентифіковано як кисень (47,1 с), азот (59,3 с), оксид вуглецю (83,7 с), діоксид вуглецю (121,4 с), метан (168,1 с), а також слідові кількості легких вуглеводнів, представлених етаном та пропановою фракцією (229,7 та 289,0 с відповідно).

Кількісний аналіз здійснювали методом внутрішньої нормалізації площ піків з урахуванням поправочних коефіцієнтів чутливості катарометра. Оскільки водень має найвищу теплопровідність серед використовуваних газів, відгук детектора для більшості аналізованих компонентів є близьким до пропорційного їх молекулярній масі. Результати розрахунку масових часток компонентів наведено в табл. 4.10.

Таблиця 4.10 - Результати розрахунку масових часток компонентів

Час утримування (t, с)	Ідентифікований компонент	Молярна маса (M, г/моль)	Площа піку (S, мВ·с)	Розрахована масова частка (w, %)
47,1	Кисень (O ₂)	32,0	0,191	0,028
59,3	Азот (N ₂)	28,0	0,692	0,087

83,7	Оксид вуглецю (CO)	28,0	110,0	13,860
121,4	Діоксид вуглецю (CO ₂)	44,0	423,0	83,753
168,1	Метан (CH ₄)	16,0	7,19	0,518
229,7	Етан (C ₂ H ₆)	30,0	12,7	1,714
289,0	Пропан/Пропілен (C ₃)	42,0	0,215	0,041
Разом	—	—	—	100,00 %

Отримані результати свідчать, що основним компонентом газової суміші є діоксид вуглецю, масова частка якого становить 83,75 %. Другим за вмістом компонентом є оксид вуглецю - 13,86 %. Частка метану складає лише 0,52 %, тоді як вміст кисню та азоту не перевищує 0,1 %. Незначні концентрації етану та пропанової фракції підтверджують наявність продуктів термічного розкладу органічної речовини.

Співвідношення вмісту діоксиду та оксиду вуглецю ($CO_2/CO \approx 3,85$) свідчить про перебіг процесу горіння в умовах обмеженого доступу кисню. Значна кількість CO_2 вказує на розвиток реакцій повного окиснення органічної речовини, тоді як присутність CO є ознакою неповного згорання біомаси. Низька концентрація метану підтверджує, що в досліджуваному процесі переважало горіння, а не піроліз. Практично повне споживання кисню під час реакції також підтверджується незначними площами піків кисню та азоту.

Формування газового складу продуктів горіння обумовлене складними процесами термічної деструкції рослинної біомаси. Основними компонентами сухої трави є целюлоза, геміцелюлоза та лігнін, термічний розклад яких супроводжується утворенням оксидів вуглецю, водяної пари та легких вуглеводнів. Вологість рослинного матеріалу на рівні 10 % сприяє перебігу реакцій водяного газу, внаслідок чого додатково можуть утворюватися оксид

вуглецю та водень. Метан формується переважно внаслідок руйнування метоксильних груп лігніну під час термічного розкладу рослинної маси.

Форма отриманих хроматографічних піків свідчить про задовільний режим роботи колонки. Для оксиду та діоксиду вуглецю спостерігаються симетричні піки без ознак перевантаження сорбенту. Для компонентів із більшим часом утримування характерне певне розширення піків, що пояснюється дифузійними процесами в порах цеоліту.

Для порівняння було проведено аналіз тієї ж проби на колонці, заповненій сорбентом Полісорб-1. Хроматограму продуктів згоряння сухої трави на цьому сорбенті наведено на рис. 4.18.



Рисунок 4.18 - Хроматограма продуктів згоряння сухої трави на сорбенті Полісорб-1

Полісорб-1 є пористим полімерним сорбентом, який забезпечує ефективне розділення діоксиду вуглецю, метану та легких вуглеводнів. Аналіз виконували за аналогічних умов: температура колонки 20 °С, газ-носії - водень із витратою 20 мл/хв, детектор - катарометр.

На хроматограмі зафіксовано чотири основні піки. Перший і найбільший пік із часом утримування 49,0 с відповідає сумарному виходу кисню, азоту та оксиду вуглецю, які за даних умов не розділяються на колонці Полісорб-1. Другий пік із часом утримування 77,5 с ідентифіковано як метан, третій пік

(119,4 с) - як діоксид вуглецю, а четвертий пік (153,3 с) відповідає суміші легких вуглеводнів фракції C_2 та залишкової водяної пари.

Розрахунок за методом внутрішньої нормалізації показав, що найбільшу частку суміші становить нерозділений комплекс газів повітря та оксиду вуглецю - 83,99 %. Вміст метану складає 5,82 %, діоксиду вуглецю - 6,40 %, а частка легких вуглеводнів і водяної пари - 3,79 % (табл. 4.11).

Таблиця 4.11 - Розрахунок за методом внутрішньої нормалізації площ піків (S)

№ піку	Час утримування, t (с)	Площа, S (мВ·с)	Інтенсивність, I (мВ)	Ідентифікований компонент	Вміст, % (за площею)
1	49,0	547,0	99,6933	Суміш газів повітря ($O_2 + N_2$) та CO	83,99
2	77,5	37,9	0,1120	Метан (CH_4)	5,82
3	119,4	41,7	0,2840	Діоксид вуглецю (CO_2)	6,40
4	153,3	24,7	0,1039	Вуглеводні C_2 (C_2H_4 / C_2H_6) і H_2O	3,79

Отримані результати свідчать про те, що під час горіння сухої трави значна частина процесу відбувалася в умовах недостатнього доступу кисню. Порівняно невелика частка діоксиду вуглецю та наявність метану підтверджують перебіг активних процесів піролізу рослинної біомаси. Водночас присутність водяної пари обумовлена залишковою вологістю рослинного матеріалу. За температури $+20\text{ }^\circ\text{C}$ кисень, азот та оксид вуглецю мають близькі характеристики взаємодії із сорбентом, тому реєструються у вигляді одного сумарного піка.

Порівняння результатів аналізу на колонках СаА та Полісорб-1 показує, що їх спільне використання дозволяє отримати найбільш повну інформацію про

склад продуктів горіння рослинності. Колонка СаА забезпечує якісне розділення постійних газів, тоді як Полісорб-1 ефективно розділяє діоксид вуглецю, метан та легкі вуглеводні. Такий підхід дозволяє комплексно оцінити особливості процесів горіння та піролізу рослинної біомаси в природних екосистемах.

4.10. Газохроматографічний аналіз продуктів горіння деревини (*Populus tremula* L.)

З метою дослідження складу газоподібних продуктів горіння деревини осики (*Populus tremula* L.), відібраної на ділянках природних екосистем, що зазнали впливу пожеж, проведено газохроматографічний аналіз отриманих продуктів згоряння. Дослідження виконували в науково-дослідній лабораторії пожежної безпеки Львівського державного університету безпеки життєдіяльності із застосуванням газового хроматографа «Хром-5».

Для аналізу легких газоподібних компонентів використовували колонку, заповнену цеолітом СаА (молекулярні сита 5А). Хроматографування проводили в ізотермічному режимі при температурі 20 °С із використанням водню як газу-носія. Реєстрацію компонентів здійснювали за допомогою детектора за теплопровідністю (катарометра). Хроматограму продуктів згоряння деревини осики на цеоліті СаА наведено на рис. 4.19.

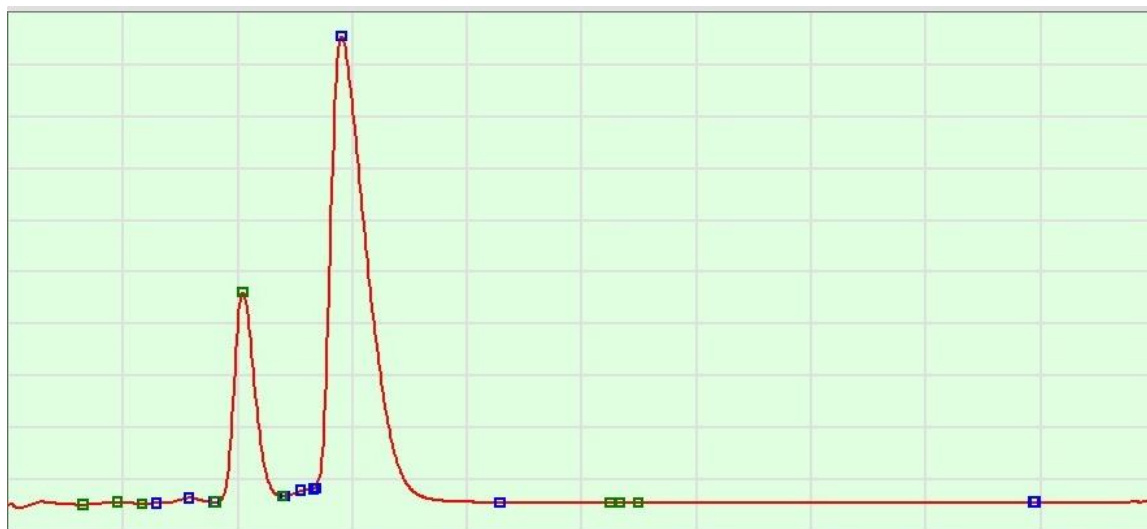


Рисунок 4.19 - Хроматограма продуктів згорання деревини осики на цеоліті СаА

Використання молекулярних сит СаА забезпечує ефективне розділення постійних газів за їх молекулярними розмірами. За температури 20 °С діоксид вуглецю та водяна пара інтенсивно адсорбуються сорбентом і практично не реєструються на хроматограмі, тому аналіз дозволяє визначати переважно легкі газоподібні продукти горіння та компоненти атмосферного повітря.

Аналіз хроматограми показав наявність декількох характерних піків. Перший сигнал із часом утримування 38,0 с відповідає піку мертвого об'єму системи та пов'язаний із збуренням тиску під час введення проби. Наступний невеликий пік із часом утримування 62,9 с можна віднести до аргону, який потрапляє до проби разом з атмосферним повітрям. Основними компонентами суміші є кисень та азот, що реєструються при часах утримування 81,7 та 116,2 с відповідно. Найбільшу площу має пік азоту, що є характерним для димових газів, значною мірою розбавлених атмосферним повітрям (табл. 4.12).

Таблиця 4.12 - Розрахунок за методом внутрішньої нормалізації площ піків (S)

Час виходу t, с	Площа піка S, мВ·с	Макс. інтенсивність I, мВ	Частка в суміші, %
38,0	1,54	0,1361	0,25 % (Мертвий

			об'єм)
62,9	2,80	0,3388	0,46 % (Ar)
81,7	123,00	14,9517	20,05 % (O ₂)
101,9	17,10	0,1559	2,79 % (Продукт піролізу)
116,2	461,00	32,7124	75,16 % (N ₂)
213,3	7,93	0,0120	1,29 % (CH ₄ / CO)
Разом	613,37	—	100,00 %

Пік із часом утримування 101,9 с може відповідати одному з летких продуктів термічного розкладу деревини або слідовим концентраціям оксидів азоту, які утворюються в процесі горіння. Останній пік із часом утримування 213,3 с ідентифіковано як метан або оксид вуглецю - типові продукти неповного згоряння та піролізу деревини.

Кількісний аналіз виконували методом внутрішньої нормалізації площ піків. Результати розрахунків показали, що основну частину зареєстрованої газової суміші становить азот (75,16 %), частка кисню складає 20,05 %, тоді як вміст аргону не перевищує 0,46 %. Частка компонентів, пов'язаних із процесами термічної деструкції деревини, є порівняно невеликою: приблизно 2,79 % припадає на проміжний продукт піролізу та 1,29 % - на метан або оксид вуглецю.

Співвідношення площ піків азоту та кисню становить 3,75, що практично відповідає їх природному співвідношенню в атмосферному повітрі. Це свідчить про те, що процес горіння відбувався за достатнього доступу кисню, а продукти згоряння були значною мірою розбавлені атмосферним повітрям. Незначне зменшення частки кисню пояснюється його витрачанням на реакції окиснення органічної речовини.

Отримані результати добре узгоджуються з особливостями хімічного складу деревини осики. Деревина *Populus tremula* L. містить близько 45-50 %

целюлози, 20-25 % геміцелюлоз та 18-23 % лігніну. Під час термічного розкладу цих компонентів утворюються оксиди вуглецю, метан, легкі органічні сполуки та інші леткі продукти піролізу. Водночас незначна кількість вуглеводневих компонентів на хроматограмі свідчить про переважання процесів окиснення над процесами сухої перегонки деревини.

Форма зареєстрованих піків підтверджує стабільну роботу хроматографічної системи. Для більшості компонентів характерні симетричні піки без ознак перевантаження колонки. Незначне розширення піків із великим часом утримування обумовлене дифузійними процесами в порах цеоліту та особливостями адсорбції газів на поверхні молекулярних сит.

Для отримання більш повної інформації про склад продуктів горіння було проведено додатковий аналіз на колонці, заповненій сорбентом Полісорб-1. Хроматограму продуктів згоряння деревини осики на цьому сорбенті наведено на рис. 4.20.



Рисунок 4.20 - Хроматограма продуктів згоряння деревини осики на сорбенті Полісорб-1

Полісорб-1 є пористим полімерним сорбентом, який ефективно розділяє оксид вуглецю, діоксид вуглецю та легкі вуглеводні. Аналіз проводили за аналогічних умов: температура колонки 20 °С, газ-носій - водень, детектор - катарометр.

На отриманій хроматограмі зафіксовано три основні піки. Перший пік із часом утримування 45,4 с відповідає суміші газів атмосферного повітря (азоту та кисню), які потрапили до проби під час відбору. Другий пік із часом утримування 145,4 с ідентифіковано як оксид вуглецю (CO), що є характерним продуктом неповного згоряння деревини. Третій і найбільший пік із часом утримування 960,4 с відповідає діоксиду вуглецю (CO₂), який є основним продуктом повного окиснення органічної речовини (табл. 4.13).

Таблиця 4.13 - Компоненти у пікові періоди

Компонент (імовірний)	Час (t _R)	Площа (S)	Коефіцієнт (k)
1. Повітря (N ₂ +O ₂)	45,4	12,6	1,2079
2. Оксид вуглецю (CO)	145,4	2,89	0,2699
3. Діоксид вуглецю (CO ₂)	960,4	458,0	0,0605

Для кількісної оцінки складу газової суміші застосовано метод внутрішньої нормалізації з використанням поправочних коефіцієнтів чутливості катарометра. Результати розрахунків показали, що масова частка діоксиду вуглецю становить 63,40 %, повітряної складової - 34,82 %, а оксиду вуглецю - лише 1,78 %.

Домінування діоксиду вуглецю у складі продуктів горіння свідчить про високий ступінь завершеності процесів окиснення вуглецю деревини осики. Низька концентрація оксиду вуглецю вказує на те, що горіння відбувалося в умовах достатнього надлишку кисню та характеризувалося переважанням полум'яного горіння над тлінням. Значна частка атмосферних газів пояснюється розбавленням димових газів повітрям під час відбору проб.

Особливості складу продуктів горіння також пов'язані з фізико-хімічними властивостями деревини осики. Відомо, що осика характеризується порівняно високою природною вологістю, яка у свіжозрубаному стані може досягати 80 %. Однак низький вміст оксиду вуглецю та значне переважання

діоксиду вуглецю свідчать про те, що в досліді горіла достатньо суха деревина, а процес окиснення відбувався інтенсивно та ефективно.

Таким чином, результати газохроматографічного аналізу продуктів горіння деревини осики показали, що основними газоподібними продуктами є діоксид вуглецю та атмосферні гази, тоді як концентрація оксиду вуглецю та інших продуктів неповного згоряння залишається незначною. Це підтверджує переважання процесів повного окиснення органічної речовини та достатнє забезпечення зони горіння киснем під час досліджуваного процесу.

Висновки до Розділу 4

У структурі насаджень досліджуваних ділянок Закапатської низовини переважають трав'янисті види - 60%, дерев - 34% і чагарників - 6%. Чагарники та трав'янисті види є допоміжним фітомеліоративним елементом у формованні надґрунтового покриву напіввідкритих і відкритих просторів.

Найбільшу частку з типів ушкоджень деревних насаджень обстежених дослідних ділянок, посідають всихаючі насадження, які становили на час проведення досліджень, частку 49%. Частки інших типів ушкодження є наступними: суховершинні насадження - 34%, сухостійні насадження - 10% і аварійно похилені та зламані насадження - 7%.

У структурі ідентифікованої деревної та трав'янистої рослинності, виділено за відношенням до наявності поживних речовин у едафотопях (трофністю) наступні класифікаційні групи: види, які віддають перевагу середнім за рівнем трюфності умовам місцезростання (мезотрофи) - 51%, види, які віддають перевагу бідним умовам місцезростання (оліготрофи) - 22,5% і види, які віддають перевагу багатим умовам місцезростання (мегатрофи або еутрофи) - 26,5%.

Вміст рухомих сполук фосфору в досліджуваних ґрунтових постпірогенних зразках варіював у межах 7,5-16,2 мг/кг, із середнім значенням 10,54 мг/кг. Найвищі концентрації зафіксовано у південному (16,2 мг/кг) та

східному (14,9 мг/кг) напрямках, що свідчить про локальне накопичення зольних елементів у зонах найбільш інтенсивного горіння.

Серед досліджених, листя акації мають температуру займання близьку до температури займання деревини акації, але вищу температуру самозаймання відносно деревини. Також, листя має здатність до теплового самозаймання в умовах експерименту, але в природі створення умов для даного процесу не відбувається.

Всі рослинні матеріали зразків здатні до теплового самозаймання, але умови в природі для даних рослин відсутні: тривала температура вище +70 °С, скиртування у великих обсягах, висока щільність укладання тощо.

Головними компонентами продуктів горіння трав'яних рослин є повітря та чадний газ СО (83,99%). Також виявлено метан СН₄ (5,82%), діоксид вуглецю СО₂ (6,40%) та легку фракцію вуглеводнів і вологи С₂+Н₂О (3,79%).

Результати досліджень вмісту продуктів горіння деревини дали змогу встановити: домінування СО₂ (63,4%) свідчить про високу ступінь завершеності реакції окиснення вуглецю деревини осики. Низький вміст СО (1,78%) вказує на те, що горіння відбувалося в умовах, близьких до оптимального надлишку повітря, або в зоні активного полум'яного горіння, де чадний газ ефективно доокиснюється. Висока частка повітря (34,82%) свідчить, що у продуктах горіння зазвичай багато азоту.

Результати досліджень **Розділу 4** опубліковано у наукових працях [137, 142, 143, 147].

РОЗДІЛ 5. ЕКОЛОГІЧНА РЕНАТУРАЛІЗАЦІЯ ПРОГЕННО ДЕВАСТОВАНИХ ЛАНДШАФТІВ

5.1. Фітомеліоративні методи відновлення територій порушених пожежами у природних екосистемах

Вплив пожеж у природних екосистемах на рослинність є надзвичайно багатогранною. Вогонь частково або повністю знищує деревний, чагарниковий і трав'яний яруси, лишайниково-моховий покрив, підстилку, активізуючи ерозійні процеси. Зазнають змін і геохімічні показники ґрунту: відбуваються зміни величини рН в бік лужної реакції, підвищується вміст розчинних форм нітрогену, фосфору, калію [118]. Прямий і опосередкований вплив пожеж на ґрунтовий покрив зумовлює зміни едафічних умов та визначає подальшу специфіку формування рослинності після пожеж. Слід зазначити, що пожежі у природних екосистемах наносять значну шкоду людському організмові внаслідок потрапляння продуктів горіння в органи дихання та зору.

У світовому аспекті проводяться численні дослідження післяпожежних сукцесій та відновлення рослинного покриву на місцях згарищ. Виявлено [119] вплив розташування ділянки на видову різноманітність. Спостережувана динаміка після пожежі демонструє поступовий перехід між трьома стадіями, від початкової, через перехідну до зрілої. Кожна стадія характеризується різною відносною видовою щільністю. Крім того, кілька видів рослин можна вважати ранніми, проміжними або пізніми сукцесійними видами з огляду на їх щільність у різний час після горіння.

Спадкоємність значною мірою залежить від стратегій регенерації та здатності розповсюдження видів, присутніх на згорілій території. Спонтанні рослинні угруповання виникають лише на першому етапі спадкоємності, коли конкуренція за ресурси незначна. Цей процес можна назвати «гонкою за окупацію території». Другий етап, коли конкуренція за ресурси стає все більш важливою, можна назвати «зусиллями зберегти простір» [120].

На згорілих ділянках з віком відновлення рослинного покриву відбувається за участю *Melastoma malabathricum*, *Eupatorium inulaefolium*, *Ficus* sp., *Vitex pinnata* L., але ці види були рідкісними у вторинному заростанні. Структура сильно вплинула на регенерацію: ґрунти з більш ніж 50% вмісту піску мали повільніший розвиток у бік вторинного заростання. У більш піщаних ґрунтах кількість видів була нижчою. Останній показав сильніше збільшення з часом *Pteridium aquilinum* L., що уповільнює наступну стадію розвитку рослинності [121].

Саджанці *Cistaceae* (головним чином *Cistus albidus* і *Helianthemum marifolium*) були найпоширенішими після пожежі (63% від загальної схожості), тоді як види *Fabaceae* (включаючи *U. parviflorus* і *Ononis fruticosa*) становили 25%, а *Lamiaceae* (обмежено *Rosmarinus officinalis*) становили лише 3% від загальної кількості появи. Після пожежі, у перерахунку на біомасу присутність *Fabaceae* зменшилася з 78,7% до 13,1%, тоді як *Cistaceae* зроста з 8% до 83,4%. З огляду на те, що частота, інтенсивність або серйозність пожеж частково контролюється складом і структурою рослинного угруповання, зміни популяції основних видів можуть вплинути на майбутній пожежний режим і, у свою чергу, вплинути на гідрологічну, екологічну та економічну роль великої ділянки ліси та рідколісся в екосистемах західного Середземномор'я [122].

Вічнозелені чагарники та напівлистопадні чагарники шавлії вивчалися протягом п'яти років після пожеж, щоб оцінити гіпотетичні детермінанти відновлення та сукцесії після пожежі. Залишкові види, присутні в середовищі безпосередньо після пожежі, домінували в ранній сукцесії. На п'ятий рік після пожежі приблизно половина видів були колонізаторами, яких не було в перший рік, але вони становили лише 7-14% покриття. У ландшафті спостерігалися сильні ефекти «екологічного фільтра», що призвело до складних моделей відновлення після пожежі та спадкоємності між прибережними та внутрішніми асоціаціями обох типів рослинності [123].

У 1981 році особливо руйнівна пожежа в регіоні Сан-Карлос штату Сан-Паулу (Бразилія) знищила надземну частину рослинності та підстилку. У

сукцесійному процесі було три послідовні фази: заснування виду; внутрішньовидова конкуренція за рахунок перебудови чисельності особин на вид і міжвидова конкуренція з витісненням деяких видів з ділянок [124].

Результати флористичного огляду показують, що більшість видів присутні з початку сукцесії, і припускають, що ліси *Pinus brutia* східного Середземноморського басейну відновлюються шляхом автосукцесії. Однак зміни у видовому багатстві та β -різноманітності вказують на сукцесійні зміни, і тому автори не можуть повністю підтримувати теорію прямого відновлення [125].

Визначено динамічний процес післяпожежної сукцесії рослинності для типів лісу А та В [126]. Післяпожежна 80-річна тенденція сукцесії лісу типу А - змішаний ліс *B. platyphylla* та *Larix gmelinii*. Його чагарниковий ярус в основному складається з *Corylus heterophylla* та *Vaccinium uliginosum*, а в трав'яному ярусі переважають *Carex tristachya*, *Athyrium multidentatum* та *Pyrola incarnate*; в той час як 80-річна сукцесія лісу типу В після пожежі - це змішаний ліс *Q. mongolica* та *B. davurica*.

У більш сухих насадженнях сосни жовтої зі старовинною структурою, зазнали відносно незначних змін навіть після того, як понад століття не було пожеж. Реконструкція історичної щільності лісів у продуктивних змішаних хвойних лісах свідчить про те, що ці ділянки історично були пов'язані з ширшою структурою ландшафту сухих лісів через часті пожежі і вони повинні бути пріоритетом для відновлення [127].

У перші чотири роки після пожежі однорічні види були найбільшою флористичною групою, але трав'янисті багаторічні рослини та кущі були основним внеском у біомасу спільноти. Азотфіксуючі види та екзотичні види внесли значний внесок у ранню структуру спільноти після пожежі. Незважаючи на те, що загальні тенденції в сукцесії після пожежі є чіткими з точки зору часових змін у відносних пропорціях різних рослинних груп, зміна навколишнього середовища та характер історії життя рослин складових видів, особливо домінуючих видів, можуть суттєво змінити такі тенденції [128].

Результати дослідження [129] свідчать про те, що лісові пожежі 2014 року в Канаді, будучи особливо великими та серйозними, також посилили неоднорідність ландшафту. Водночас ці лісові пожежі спричинили зміни на рівні насаджень у домінуванні деревних видів і пов'язаних з ними рослинних угрупованнях.

Встановлено, що пожежі у природних екосистемах впливають на міграцію важких металів та радіонуклідів у ґрунтових генетичних горизонтах [130]. Гострі та хронічні захворювання спричинені концентрацією важких металів, яка перевищує допустимі межі, встановлені кількома національними та міжнародними організаціями. Вони можуть варіюватися від не смертельних, таких як м'язова та фізична слабкість, до летальних, таких як мозок, нервова система та навіть рак.

Значний вплив пожежі у природних екосистемах мають на розвиток колоній мікроміцетів. Було проаналізовано зразки ґрунту з спалених та незгорілих лісів щодо ектомікоризних грибів (ЕсМ) за допомогою біопроб. Кількість видів ЕсМ була значно нижчою у зразках із нещодавно (2-5 років) згорілих ділянок, ніж у незгорілих лісах, і збільшувалася з часом, оскільки пожежа досягла рівня прилеглих лісів через 15-18 років. Склад угруповання змінився після пожежі, але не наблизився до складу незгорілих ділянок протягом 18 років. Лише *Rhizopogon roseolus* і *Cenococcum geophilum* були поширені як на згорілих ділянках, так і в прилеглих лісах. Дані вказують на вогнестійкість деяких видів грибів ЕсМ, а також швидку стійкість з точки зору кількості видів, але не щодо видового складу [131].

Оцінено чисельність, склад і різноманітність грибів на чотирьох глибинах ґрунту (0-5 см, 6-10 см, 11-15 см, 16-20 см) під час пожежі низької та сильної інтенсивності на субтропічному торфовищі на південному сході США. Встановлено, що невелика пожежа значно збільшила різноманітність грибів (за Шенноном) і сапротрофних грибів у шарі ґрунту 0-5 см відразу після пожежі, а потім зникла протягом 2 років. Ця закономірність не спостерігалася на ґрунтах нижче 5 см. Домінуючий клас грибів - *Archaeorhizomycetes* спочатку зменшився,

а потім повернувся до рівнів перед пожежами низької інтенсивності на глибині 0-5 см. Різноманітність грибів не змогла відновитися в незгорілому стані навіть через 30 років після сильної пожежі, особливо в шарах ґрунту 6-20 см [132].

Водночас пожежі у природних екосистемах є причиною регулювання розвитку живих та розмноження живих істот. Зокрема, наземних павуків досліджували за допомогою пасток-підводок через 3-4 місяці після лісової пожежі, а потім протягом трьох післяпожежних років [133]. На спаленому місці у сосновому лісі в Фінляндії переважали *Lycosidae*, а в контролі - *Linyphiidae*. За чисельністю видів *Linyphiidae* домінували на обох ділянках, а *Lycosidae*, *Gnaphosidae* та *Theridiidae* були більш багатими видами на спаленій ділянці, ніж на контрольній ділянці. Спільнота павуків на згорілому місці явно відрізнялася від контрольної групи протягом трьох років після пожежі, головним чином через велику кількість *Gnaphosidae* та *Lycosidae*.

5.2. Фітомеліоративна ефективність ділянок порушених пожежами у природних екосистемах

Серед заходів, спрямованих на зменшення потенційних небезпек для довкілля та населення регіону, важливе місце посідають фітомеліоративні процеси, як біологічний етап процесу відновлення порушених територій під впливом екзогенних чинників [134].

Виділяють два напрямки його реалізації: плановий фітомеліоративний процес, який ґрунтується на розрахунках у кошторисі потреб ґрунтосуміші, підготовки посадкових місць, рослинного матеріалу, післяпосадкового догляду за сформованим насадженням з використанням агротехніки догляду, а також природний, з використанням перетворюючої енергії росту і розвитку деревних і трав'янистих рослин, що адаптуючись до едафічних та кліматичних умов зростання, виходячи із індивідуальних біолого-екологічних особливостей, у процесі поступового росту і розвитку, формують фітогенні поля, покращуючи механічну структуру ґрунту, поступово підвищують його родючість через

процеси сезонного опадку, збільшують рівень зволоження і таким чином сприяють проходженню ряду суцесійних процесів, у результаті яких, формуються рослинні екосистеми і якісно перетворюється природне середовище [135, 136].

Тому дуже важливими є показники, які дозволяють проаналізувати фітомеліоративні процеси на території досліджень. Одним із базових таких показників, є коефіцієнт фітомеліоративної ефективності рослинного покриву, що оцінюється у балах.

Даний показник дозволяє виконати наступне: 1) оцінку стану досліджуваної території: проаналізувати поточний стан рослинності та її потенційну здатність до покращення природного ландшафту, 2) планування заходів: визначити, де і які заходи з фітомеліорації (створення лісосмуг, висадка дерев та чагарників, підсів трав'янистих видів), є найбільш доцільними для підвищення ефективності рослинного покриву; 3) прогнозування результатів: дозволяє спрогнозувати, як нові насадження певного функціонального призначення, зможуть підвищити фітомеліоративну ефективність території; 4) порівняння об'єктів: дозволяє порівнювати ефективність різних територій або різних типів рослинності, оцінювати результати проведених заходів [135].

Як показали проведені маршрутні польові дослідження, на усіх ділянках має місце природній фітомеліоративний процес. Процес природнього заростання цих території є неоднорідним у територіальному відношенні, на окремих ділянках присутній значний і різноманітний деревний та трав'янистий покрив, а на інших, його обмаль або й практично немає.

Для визначення коефіцієнтів фітомеліоративної ефективності рослинного покриву за основу була взята комплексна формула [134]:

$$K_{FM} = \frac{(S_p \cdot b + S_a \cdot b + S_{pm} \cdot b + S_f \cdot b + S_v \cdot b + S_{sv3} \cdot b + S_{sv1} \cdot b + S_{st} \cdot b + S_r \cdot b)}{S}, \quad (5.1)$$

де, S - площа зайнята: S_p - пратоценозом, S_a - агроценозом, S_{pm} - помологоценозом, S_f - фрутоценозом, S_v - вітоценозом, S_{sv1} - сільваценозом одноярусним, S_{sv2} - сільваценозом двоярусним, S_{st} - стрипоценозом, S_r - рудероценозом, b - кількість балів, які здобув ценоз, S - загальна площа.

Виділяють наступну диференціацію за функціями та можливостями розвитку у конкретних умовах території (присутні або не присутні), кожної із перелічених груп насаджень: *пратоценози* - лучні угруповування, *агроценози* - сільськогосподарські насадження, *помологоценози* - сади або їх залишки, *фрутоценози* - чагарникові насадження, *вітоценози* - виноградники, *сільваценози* - лісові угруповування, *стрипоценози* - смуги різного функціонального пристосування і *рудероценози* - угруповування бур'янових рослин.

Для повноти оцінки на п'ятьох досліджуваних територіях було закладено ряд пробних площ розміром 10×10 м, де проводився аналіз існуючих груп насаджень та облік зростаючої рослинності.

Ділянка № 1. с. Руські Комарівці

Місцевість, розташована на відкритому просторі, характеризується інтенсивним рухом атмосферних потоків та низькою природною вологістю ґрунту. У структурі ґрунтів присутні дернові супіщані та суглинкові ґрунти, із низькою вбирною здатністю, яка не сприяє засвоєнню поживних речовин, характеризуються незначним гумусовим горизонтом, відповідно низькою родючістю. Частина ділянки, де мала місце пожежа зайнята ріллею. Присутні сліди впливу вітрової і водної ерозії. Щільність поверхні знаходить у діапазоні $20-25$ кг/см² (III категорія).

У структурі рослинного покриву помітне місце займає лучна рослинність. З північного боку ділянки присутні лісові площі із значним природним поновленням.

Структура проективного покриття є наступною: трав'янисті види - 15 видів (65,2%), деревно-чагарникові - 8 видів (34,8%). Присутні ділянки із

поодиноким, мозаїчним та практично суцільним розташуванням рослинного покриву (зона лісових насаджень). Проективне покриття території - 40-45%.

Тут зафіксовано сільваценоз одноярусний (S_{sv1}), рудероценоз (S_r), пратоценоз (S_p), агроценоз (S_a), фрутоценоз (S_f) та вітоценоз (S_v).

Формула коефіцієнту фітомеліоративної ефективності набуває наступного вигляду:

$$K_{FM} = \frac{S_{sv1} \times b + S_r \times b + S_p \times b + S_a \times b + S_f \times b + S_v \times b}{s} \quad (5.2)$$

Площа ділянки зайнята наступними групами насаджень: сільваценозом одноярусним - 15%, рудероценозом - 11%, пратоценозом - 22%, агроценозом - 10%, фрутоценозом - 5%, вітоценозом - 2%.

Ділянка № 2. с. Вовкове

Дослідна ділянка розташована за межами с. Вовкове, на віддалі 1-2 км на рівнинному рельєфі, який характеризується поступовим підняттям вгору під кутом 10-20°, який плавно переходить у передгір'я. Висота місцевості становить 124 м над рівнем моря. Поруч частково присутні колишні виноградники та фруктові сади, більшість з яких знаходиться у занедбаному стані. Площі, де вони колись були засаджені, на схилах пагорбів, зараз поступово заростають деревами, чагарниками та трав'янистими видами. У останні роки місцеві сільськогосподарські угіддя, переважно орендовані, були засаджені кукурудзою та соєю, при вирощуванні яких, здійснюється обробка значною кількістю гербіцидів та інсектицидів.

Місцевість, розташована на відкритому просторі, має місце, доволі інтенсивний рух атмосферних потоків, понижена природна вологість ґрунту. Переважаючими ґрунтами є дернові супіщані, суглинкові ґрунти, котрі характеризуються низькою вбирною здатністю, щільністю поверхні - 25-30 кг/см² (III категорія), частковим (ближче до населеного пункту), порушенням механічного покриву, обумовленим господарською діяльністю населення, що

супроводжується порушенням кругообігу атмосферної вологи та поживних речовин. Свідченням чого, є ділянки практично без рослинного покриву.

Ближче до передгір'я - ділянки із дерново-буроземними і лучно-буроземними ґрунтами, котрі характеризуються високим вмістом рухомого фосфору і вищою родючістю, ніж дернові супіщані, суглинкові ґрунти. На певних частинах дослідної ділянки, присутні сліди впливу вітрової та водної ерозії та початкові етапи процесу яроутворення, який пришвидшується під впливом часткового ухилу природної поверхні, атмосферних опадів, танення снігу та господарської діяльності (розорювання схилів, ущільнення поверхні, знищення рослинного покриву). Частина ділянки, де мала місце пожежа була зайнята ріллею.

Структура проективного покриття є наступною: трав'янисті види - 21 вид (61,8%), деревно-чагарникові - 13 видів (38,2%). Присутні ділянки з поодиноким, мозаїчним та груповим покриттям. Проективне покриття території становить 50-55%.

Виявлено сільваценоз одноярусний (S_{sv1}), рудероценоз (S_r), пратоценоз (S_p), агроценоз (S_a), фрутоценоз (S_f), вітоценоз (S_v) і помологоценоз (S_{pm}).

Формула коефіцієнту фітомеліоративної ефективності території є наступною:

$$K_{FM} = \frac{S_{sv1} \times b + S_r \times b + S_p \times b + S_a \times b + S_f \times b + S_v \times b + S_{pm} \times b}{s} \quad (5.3)$$

Площа ділянки зайнята наступними групами насаджень: сільваценозом одноярусним - 16%, рудероценозом - 9%, пратоценозом - 21 %, агроценозом - 8%, фрутоценозом - 10%, вітоценозом - 4%, помологоценозом - 5%.

Ділянка № 3. м. Ужгород (вул. О. Блистіва)

Дана дослідна ділянка розташована поблизу об'їзної дороги міста Ужгорода. Територія розташована поблизу автомобільної дороги міжнародного

значення М06-Е50 (Київ-Чоп), на віддалі біля 1 км до міської забудови. Ділянка знаходиться на перетині вулиць О. Блистіва та Об'їзної.

Віддаль від місця початку та розповсюдження пожежі до полотна дороги, становить 5-10 м. Поруч частково присутні природні деревно-чагарникові насадження, вздовж узбіччя дороги. На узбіччі дороги періодично проводиться скошування трав'янистої рослинності, сезонна обрізка дерев, чагарників, санітарне видалення сухостоїв та суховершинних насаджень.

Досліджувана ділянка характеризується незначним чергуванням горбистих та рівнинних ділянок. Місцевість злегка замкнута насадженнями, тому інтенсивність вітрових потоків є незначною. Присутні дернові супіщані, суглинкові ґрунти, з невеликим гумусовим горизонтом. Щільність поверхні коливається у діапазоні від 35 до 40 кг/см² (IV категорія), що вказує на високий рівень ущільнення поверхні та проблеми у процесах циркуляції вологи та поживних речовин між горизонтами ґрунту. Тому у період досліджень фіксувались ділянки, практично без рослинного покриву.

Співвідношення проективного покриття є наступним: трав'янисті види - 8 видів (42,1%), деревно-чагарникові - 11 видів (57,9%). Присутні ділянки з мозаїчним та в певних місцях суцільним розташуванням рослинного покриву. Проективне покриття території - 30-35%.

Тут зафіксовано сільваценоз одноярусний (S_{sv1}), рудероценоз (S_r), пратоценоз (S_p) та фрутоценоз (S_f).

Формула коефіцієнту фітомеліоративної ефективності для ділянки є наступною:

$$K_{FM} = \frac{S_{sv1} \times b + S_r \times b + S_p \times b + S_f \times b}{s} \quad (5.4)$$

Площа ділянки зайнята наступними групами насаджень: сільваценозом одноярусним - 15%, рудероценозом - 10%, пратоценозом - 12% та фрутоценозом - 4%.

Досліджувана ділянка знаходиться близько 1-2 км від меж с. Дубриничі на пересіченій у ландшафтному відношенні місцевості, де є пониження рельєфу, рівнинні ділянки і незначні підвищення (під кутом 20-30°). Місцевість, розташована у зоні густих лісових насаджень, де виражені I, II та III яруси вертикальної структури лісових екосистем.

На відкритому просторі зовнішніх узлісь, присутній інтенсивний рух вітрових потоків, підвищена природна вологість ґрунту під наметом лісових насаджень. Присутні наступні ґрунти: бурі гірсько-лісові, сформовані під буковими та ялиновими лісами, дерново-буроземні, з добрими фізичними властивостями та механічною структурою. Щільність поверхні - 25-30 кг/см² (III категорія). У місцях вигорання лісової підстилки, має місце підвищений рівень ущільнення, що супроводжується порушенням кругообігу атмосферної вологи та поживних речовин, свідченням чого, є окремі ділянки, практично без рослинного покриву.

Співвідношення проективного покриття: трав'янисті види - 14 видів (56%), деревно-чагарникові - 11 видів (44%). Присутні ділянки переважно з мозаїчним розташуванням рослинного покриву, хоча трапляються і групове, що обумовлено вигоранням деревно-чагарникових насаджень, відкриванням під наметового простору до світла і проведеними до пожежі лісгосподарськими заходами. Проективне покриття території становить - 57-65%.

Тут зафіксовано сільваценоз двохярусний (S_{sv2}), рудероценоз (S_r), фрутоценоз (S_f).

Формула коефіцієнту фітомеліоративної ефективності ділянки є наступною:

$$K_{FM} = \frac{S_{sv2} \times b + S_r \times b + S_f \times b}{s} \quad (5.5)$$

Площа ділянки зайнята наступними групами насаджень: сільваценозом двохярусним - 51%, рудероценозом - 13% та фрутоценозом - 15%.

Ділянка № 5. с. Вишка (територія НПП Ужанський)

Досліджувана ділянка розташована неподалік с. Вишка, Костринської сільської громади. Площа, де була лісова пожежа, розташована у трикутнику поміж населеними пунктами Жорнава, Ставне і Загорб. Неподалік знаходиться гірськолижний комплекс “Красія” і гора Красія (1036 м).

Досліджувана ділянка знаходиться на віддалі близько 3 км від меж с. Загорб на пересіченій місцевості, де є пониження рельєфу, рівнинні ділянки і значні підвищення у напрямку г. Красія. Місцевість, розташована у зоні густих лісових насаджень, де присутні I, II та III яруси вертикальної структури лісових екосистем. На відкритому просторі часто трапляється інтенсивний рух вітрових потоків, підвищена природна вологість ґрунту під наметом лісових насаджень.

На ділянці присутні бурі гірсько-лісові сформовані під буковими та ялиновими лісами, дерново-буроземні, які мають добрі фізичні властивості та механічну структуру. Щільністю поверхні - 35-40 кг/см² (IV категорія). У багатьох місцях виявлено підвищений рівень ущільнення, що супроводжується порушенням кругообігу атмосферної вологи та поживних речовин.

Співвідношення проективного покриття: трав'янисті види - 13 видів (59,1%), деревно-чагарникові - 9 видів (40,9%). Присутні ділянки із мозаїчним розташуванням рослинного покриву, що обумовлено вигоранням деревно-чагарникових насаджень, відкриванням піднаметового простору, а також з груповим, який характеризується значною загущеністю. Проективне покриття території становить - 55-60%.

Тут зафіксовано сільваценоз двоярусний (S_{sv2}), рудероценоз (S_r), фрутоценоз (S_f) і пратоценозом (S_p).

Формула коефіцієнту фітомеліоративної ефективності території є наступною:

$$K_{FM} = \frac{S_{sv2} \times b + S_r \times b + S_f \times b + S_p \times b}{s} \quad (5.6)$$

Площа ділянки зайнята наступними групами насаджень: сільваценозом двоярусним - 48%, рудероценозом - 10%, фрутоценозом - 12% і пратоценозом - 6%.

Для повноти підрахунку коефіцієнта фітомеліоративної ефективності, важливу роль відіграє показник b , який враховує у балах комплексність ефективного впливу конкретного рослинного ценозу. Тут враховуються наступні важливі показники: сезонна фітомаса, рівень киснепродукування, фільтрувальні властивості, які обумовлені габітусом і типом вегетуючого покриття, вплив на мікроклімат, шумопоглинання і оптичний вплив. Середні значення балів (b) зеленої маси подані у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Середні значення балів (b) зеленої маси (за В. П. Кучерявим, 2003)

Тип фітоценозу	Зелена маса, (b)
Пратоценоз	0,7
Агроценоз	1,0
Рудероценоз	0,8
Фрутоценоз	4,0
Помологоценоз	5,0
Стрипоценоз	8,5
Сільваценоз одноярусний	9,0

Використовуючи показник балів наявного у конкретних досліджуваних умовах рослинного покриття, використовуючи формули (5.2-5.6) розраховано наступний розподіл коефіцієнтів фітомеліоративної ефективності (K_{FM}) досліджуваних ділянок:

- ділянка № 1 (с. Руські Комарівці): $K_{FM} = 4,0$;
- ділянка № 2 (с. Вовкове): $K_{FM} = 4,5$;
- ділянка № 3 (м. Ужгород, вул. О. Блистіва): $K_{FM} = 3,0$;
- ділянка № 4 (с. Дубриничі): $K_{FM} = 5,5$;
- ділянка № 5 (с. Вишка (територія НПП Ужанський)): $K_{FM} = 5,0$;

Підрахунок коефіцієнтів фітомеліоративної ефективності показав наступну диференціацію отриманих даних: найвищий показник зафіксовано на території дослідної ділянки №4 ($K_{FM} = 5,5$); дещо нижчі показники на ділянках №5 ($K_{FM} = 5,0$), №2 ($K_{FM} = 4,5$).

Суттєво нижчий показник коефіцієнта, встановлено для ділянки № 1 ($K_{FM} = 4,0$).

Найнижчий показник коефіцієнта фітомеліоративної ефективності підраховано на ділянці №3 ($K_{FM} = 3,0$).

5.3. Прогнозування післяпожежної динаміки відновлення рослинного покриву у природних екосистемах

Після пожежі трав'янисто-чагарниковий покрив залежно від умов зростання трансформується в основному в чотирьох напрямках: олучнення, остепнення, заболочування та поява пусток. Процес відновлення рослинного покриву може тривати десятки років. Але вже на початковій стадії сукцесії флористичний склад рослинного угруповання дає можливість передбачити напрями його динаміки. Так, флористичний склад післялісової суходільної луки на 3-й рік після пожежі включає лучні, сегетальні, рудеральні та лісові види (табл. 5.2).

Таблиця 5.2 - Система еколого-ценотичних груп видів рослинного угруповання постпірогенної сукцесії

Еколого-ценотична група (група класів рослинності, клас рослинності)	Типові представники флори
3. Disturbed and secondary vegetation (Порушена і вторинна рослинність)	
3.3. Chenopodietea угруповання з домінуванням рудеральних однорічних рослин відновлювальних сталій сукцесії на порушених ектопах	<i>Sonchus oleraceus</i> L. - 1 вид
3.4. Secalietea Агрофітоценози зернових та просапних культур	<i>Anagallis arvensis</i> L. - 1 вид
3.5. Artemisietea Рудеральні угруповання високорослих дво- та багаторічних видів	<i>Daucus carota</i> L., <i>Stenactis annua</i> - 2 види

3.6. Agropyretea Рудеральні та напіврудеральні угруповання гемікриптофітів на сухих антропогенних або природних екотопах з ущільненими ґрунтами	<i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski, <i>Convolvulus arvensis</i> - 2 види
5. Anthro-po-zoogenous heath, grasslands and pastures	
5.3. Festuco-Brometea Степові угруповання	<i>Erigeron acris</i> L. - 1 вид
5.4. Molinio-Arrhenatheretea Лучні угруповання (за винятком мокрих лук)	<i>Achillea submillefolium</i> Klok. et Krytzka, <i>Bellis perennis</i> L., <i>Leucanthemum vulgare</i> Lam., - 3 види
8. Broadleaved forests and woodlands	
8.4. Quereo-Fagetea Угруповання широколистяних лісів на багатих на поживні речовини ґрунтах	<i>Galium odoratum</i> (L.) Scop. - 1 вид

Саме у напрямі цих типів рослинності (класи Molinio-Arrhenatheretea, Artemisietea vulgaris, Agropyretea intermedio-repentis і Quercu-Fagetea) найбільш імовірний розвиток рослинного угруповання. Хоча при цьому також слід враховувати і характер господарської діяльності людини. Якщо на схилі не передбачається вирощувати сільськогосподарські культури, то і сегетальна рослинність класу Secalietea (Stellarietea mediae) тут не розвиватиметься. Згідно синтаксономічної класифікації рослинності клас Chenopodietea розглядаємо у складі класу Stellarietea mediae (Сорока, 2008). Відновлення трав'янистого покриву на досліджуваній ділянці великою мірою залежить також від біологічних особливостей видів, зокрема їх здатності розмножуватися кореневищами. У першу чергу це пирій повзучий (*Elytrigia repens*) та підмаренник запашний (*Galium odoratum*).

Зазвичай, сукцесії рослинного покриву вивчають шляхом порівняння флористичного складу угруповань на різних стадіях його відновлення. Але цей процес вимагає тривалого часу досліджень. Тому у своїй роботі ми використали

зовсім інший підхід, який полягає у порівнянні екологічних параметрів місцезростань (табл. 5.3). Їх аналіз виконано на основі фітоіндикаційної оцінки за екологічними шкалами Г. Елленберга (1991):

Шкала освітленості (L), бали: 3- тінелюбиві рослини; 5 - тіневитривалі рослини; 7 - світлолюбні рослини; 9- дуже світлолюбні рослини.

Шкала температурного режиму (T), бали: 5- помірний (помірно теплий) клімат; 6 - від помірно теплого до теплого; 7 - теплий клімат.

Шкала континентальності (K), бали: 3 - від океанічного до субокеанічного (переважно центрально-європейські види); 4 - субокеанічний (центрально-європейські та східноєвропейські види); 5 - проміжний (від слабо субокеанічного до слабо субконтинентального); 6 - субконтинентальний (східно-центрально-європейські та східно-європейські види).

Шкала вологості ґрунтів (F), бали: 3 - сухі місцезростання; 5 - свіжі місцезростання (середньо-вологі); 7 - вологі місцезростання.

Шкала кислотності ґрунтів (R), бали: 3 - кислі ґрунти; 5 - помірно кислі ґрунти; 7 - від слабо кислих до слабо лужних ґрунтів.

Шкала азотного багатства (N), бали: 3 - бідні азотом місцезростання; 4 - від бідних до помірно забезпечених азотом; 5 - помірно забезпечені азотом місцезростання; 6 - від помірно забезпечених до багатих азотом; 7 - багаті азотом місцезростання.

Таблиця 5.3 - Екологічні параметри місцезростань рослинності

№ з/п*	Асоціація	Екологічні параметри, бали					
		L	T	K	F	R	N
	клас Quercio-Fagetea						
14	Potentillo albae-Quercetum	4.93	5.45	4.06	4.73	5.49	4.31
16	Stellario nemorum-Alnetum glutinosae	4.19	5.13	3.59	6.52	5.80	6.23
17	Dentario glandulosae-Fagetum	3.44	5.36	3.61	5.39	6.15	5.69
20	Carici pilosae-Fagetum	3.93	5.97	4.22	5.13	5.21	5.21
27	Tilio cordatae-Carpinetum betuli	3.83	5.27	3.54	5.61	6.48	6.04
	клас Vaccinio-Piceetea	3.54	5.49	3.72	5.11	6.24	5.38
35	Cladonio-Pinetum	6.49	5.32	3.56	4.18	3.53	2.19

37	Leucobryo-Pinetum	5.31	4.97	4.21	4.64	2.89	2.61
39	Festuco ovinae-Pinetum	6.38	5.40	3.73	4.38	3.73	2.29
40	Quercu roboris-Pinetum	4.54	5.29	3.93	5.03	4.50	3.87
клас Molinio-Arrhenatheretea							
102	Lolio-Polygonetum arenastri	7.30	5.91	3.58	5.14	6.64	6.39
104	Bryo-Saginetum procumbentis	7.19	5.90	3.37	5.06	7.00	6.36
105	Prunello-Plantaginetum	7.16	5.93	3.90	5.37	6.14	6.31
106	Poetum annuae	7.04	5.97	4.58	5.55	5.92	7.45
107	Polygonetum avicularis	7.20	5.98	4.45	4.80	6.81	6.91
108	Lolio-Potentilletum anserinae	7.06	5.92	3.61	5.57	6.47	6.56
120	Deschampsietum caespitosae	6.79	5.52	3.67	6.45	6.03	3.83
121	Alopecuretum pratensis	7.05	5.33	3.87	5.58	6.28	5.86
122	Arrhenatheretum elatioris	7.07	5.61	3.96	5.26	5.95	5.05
123	Poo-Festucetum rubrae	7.04	5.72	3.74	5.45	6.15	5.24
125	Trisetetum flavescens	7.15	5.50	3.77	4.55	5.71	4.49
126	Lolio-Cynosuretum	6.98	5.35	3.44	5.32	5.76	5.29
127	Festuco-Cynosuretum	7.00	5.29	3.86	5.19	5.99	4.79
клас Artemisietea vulgaris							
132	Carduetum acanthoidis	8.02	5.51	5.24	4.63	7.49	6.76
133	Echio-Meliloletum	7.83	5.95	4.84	4.33	7.29	5.32
135	Leonuro-Arctietum tomentosum	7.55	5.57	5.26	5.12	7.47	7.63
136	Balloto-Chenopodietum	7.57	5.87	4.82	4.87	7.17	6.94
137	Artemisio-Tanacetum vulgaris	7.63	5.91	4.84	4.97	7.30	6.72
138	Sambucetum ebuli	7.65	5.95	3.78	4.95	7.58	6.85
145	Polygonetum cuspidatum	7.29	5.97	4.62	5.19	7.11	7.56
клас Agropyretea intermedio-repentis							
154	Agropyretum repens	7.31	5.98	5.66	4.67	7.14	6.03
155	Convolvulo arvensis-Agropyretum repens	7.24	5.98	5.34	4.32	7.06	5.80
Пірогенна сукцесія							
500	Рослинне угруповання I стадії сукцесії	7.00	5.75	4.22	4.67	7.33	5.93
Умовні позначення. L - освітленість, T - термічний режим, K - континентальність, F - режим зволоженості, R - кислотність, N - вміст азоту, бали; * - числова нумерація синтаксонів відповідає їх порядковому номеру в базі даних рослинності.							

Щоб відповісти на питання, які екологічні чинники визначають динаміку рослинного покриву у напрямі зазначених класів рослинності (табл. 5.3),

виконано однофакторний дисперсійний аналіз. Цей аналіз базується на обчисленні критерію Фішера, що представляє відношення міжгрупової і внутрішньогрупової дисперсій. У результаті аналізу встановлено, що максимальне значення критерію Фішера F властиве екологічним параметрам освітленості ($F = 686.7$, рівень значущості $p < 0,001$), кислотності ґрунту ($F = 260.3$, $p < 0,001$) і вмісту азоту ($F = 204.6$, $p < 0,001$), меншою мірою континентальності ($F = 81.8$, $p < 0,001$) і термічному режиму ($F = 73.5$, $p < 0,001$). Саме ці чинники виступають основою екологічної диференціації лучної, рудеральної і лісової рослинності. Екологічний параметр вологості ґрунту характеризується мінімальним значенням критерію Фішера ($F = 35.3$, $p < 0,001$), відмінності досліджуваних класів рослинності за цим чинником не значущі.

Аналіз залежності між екологічними параметрами понад 500 місцезростань рослинності вказує на наявність достовірного зв'язку між окремими змінними. Так, для кислотності ґрунту і вмісту азоту коефіцієнт кореляції $r=0.80$; параметрів температурного режиму і кислотності ґрунту $r=0.55$; параметрів температурного режиму і вологості ґрунту $r=-0.51$. Таким чином, для багатовимірної ординації рослинності характерна наявність певною мірою впорядкованої структури, що дає підстави для математичної процедури зменшення вимірності еколого-фітоценотичного простору і побудови типологічної схеми.

Ідея наших подальших досліджень полягала у математичному моделюванні структури розташування фітоценозів у гіперпросторі ознак. Оскільки візуально неможливо розпізнати структуру у багатовимірному просторі, основна увага приділялася методам багатовимірної ординації. Так як екологічні параметри місцезростань корельовані між собою, дані спостережень можна пояснити невеликою кількістю нових змінних, які безпосередньо не вимірюються, але можуть бути отримані через лінійну комбінацію вихідних даних. Це дає змогу зменшити вимірність простору спостережень. Графічно процедура розрахунків зводиться до переміщення початку координат у центр

даних і повороту осей координат таким чином, щоб абсциса проходила у напрямі максимальної дисперсії множини даних.

Математична модель 1 відображає найбільш загальну типологічну схему рослинного покриву на рівні класів рослинності. Результати математичного моделювання (табл. 5.3, рис. 5.1) можна представити такими рівняннями:

$$\mathbf{Root}_1 = 1.805 \cdot L - 0.156 \cdot T - 0.183 \cdot K + 0.189 \cdot F + 0.220 \cdot R + 0.535 \cdot N - 15.157,$$

$$\lambda_1 = 7.83;$$

$$\mathbf{Root}_2 = -0.834 \cdot L + 0.310 \cdot T + 0.560 \cdot K + 0.026 \cdot F + 0.814 \cdot R + 0.281 \cdot N - 5.307,$$

$$\lambda_2 = 1.76;$$

$$\mathbf{Root}_3 = 0.004 \cdot L - 0.692 \cdot T + 1.072 \cdot K - 0.756 \cdot F - 0.457 \cdot R + 0.206 \cdot N + 5.102,$$

$$\lambda_3 = 0.60;$$

де \mathbf{Root}_i - комплексні градієнти середовища, осі типологічної схеми; L - освітленість, T - термічний режим, K - континентальність, F - режим зволоженості, R - кислотність, N - вміст азоту; λ_i - власні значення векторів.

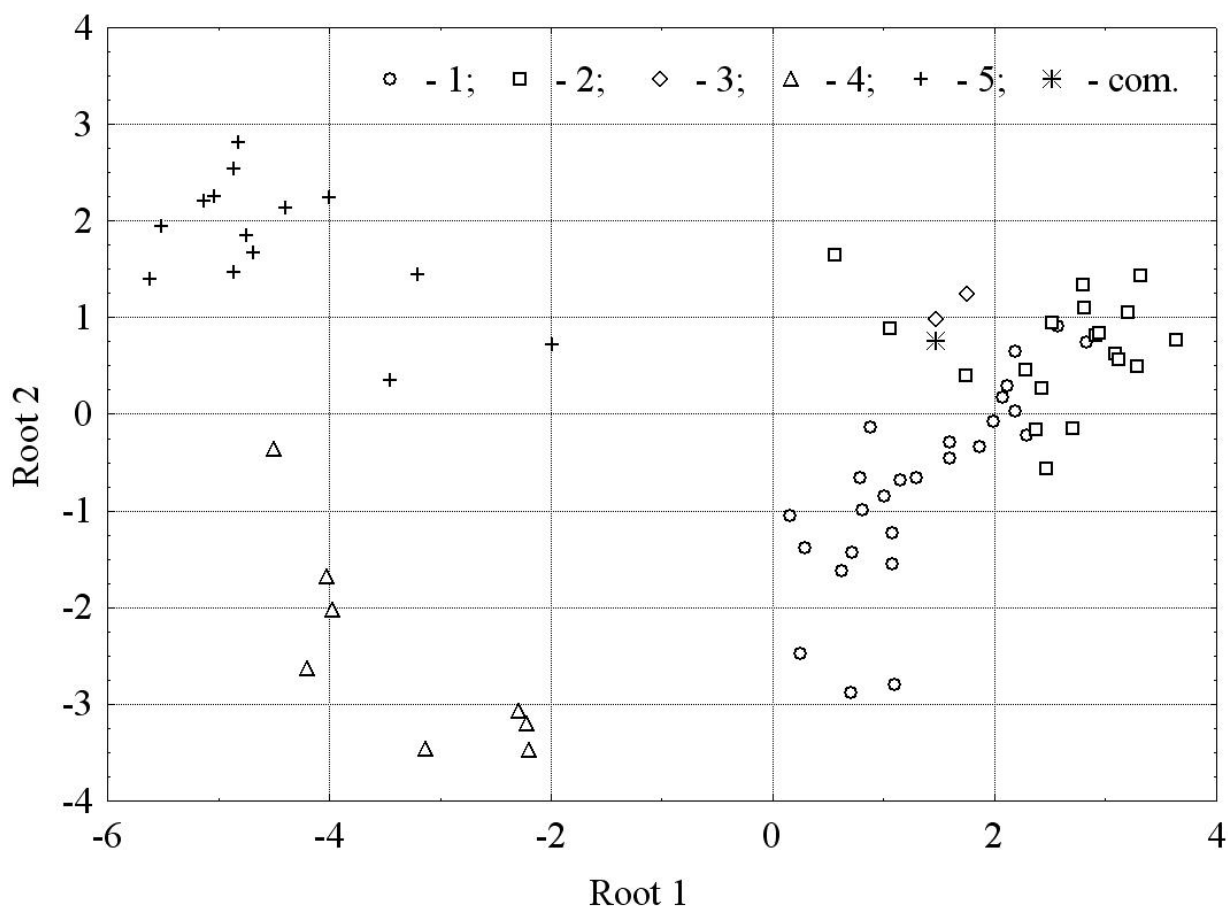


Рисунок 5.1 - Типологічна схема рослинності: рівень класів рослинності
 Умовні позначення. Класи рослинності: 1 - *Molinio-Arrhenatheretea*, 2 -
Artemisietea vulgaris, 3 - *Agropyretea intermedio-repentis*, 4 - *Vaccinio-Piceetea*, 5 -
Quercu-Fagetea; com. - рослинне угруповання I стадії постпірогенної сукцесії.

Перша вісь типологічної схеми (рис. 5.1) пояснює 76.4 % загальної дисперсії. Її значення залежать в основному від режиму освітленості (коефіцієнт кореляції $r=0.94$), рН ґрунту ($r=0.57$), вмісту азоту ($r=0.54$) та температурного режиму ($r=0.53$). Певною мірою дискримінантна функція $Root_1$ відображає екологічні особливості формування суходільних лук та синантропних угруповань на місці вирубаних лісів, а саме: зростання освітленості, температури, рН ґрунту і вмісту азоту. Лісова рослинність характеризується мінімальними значеннями функції $Root_1$ (рис. 5.1).

Друга вісь додатково пояснює 17.1 % загальної дисперсії даних. Її значення залежать в основному від вмісту азоту ($r=0.74$) та рН ґрунту ($r=0.76$). Більшими значеннями дискримінантної функції $Root_2$ відрізняються асоціації листяних лісів класу *Quercu-Fagetea* порівняно з хвойними та змішаними лісами класу *Vaccinio-Piceetea*, а також синантропні асоціації класів *Artemisietea vulgaris* і *Agropyretea intermedio-repentis* порівняно з лучною рослинністю класу *Molinio-Arrhenatheretea*. Третя дискримінантна функція $Root_3$ пояснює всього 5.8 % загальної дисперсії даних, вона залежить від вологості ґрунту ($r=-0.76$).

Подібність досліджуваного рослинного угруповання постпірогенної сукцесії до асоціацій лучної і синантропної рослинності можна пояснити на основі графічної візуалізації їх розташування на типологічній схемі (рис. 5.1) та відстані між точками. Із ймовірністю 0.403 рослинне угруповання належить до класу *Artemisietea vulgaris*, із ймовірністю 0.333 до класу *Agropyretea intermedio-repentis* та із ймовірністю 0.265 до класу *Molinio-Arrhenatheretea*.

Різномірні трав'яні асоціації класу *Molinio-Arrhenatheretea* часто є похідними в місцях знищених природних фітоценозів (Сорока, 2008). Унаслідок сінокосіння, випасу худоби, внесення добрив та підсіву трав у них

відбуваються швидкі сукцесійні зміни. Математична модель 2 описує екологічні особливості місцезростань рослинного угруповання постпірогенної сукцесії та 26 асоціацій лучної рослинності. Результати математичного моделювання (табл. 5.3) можна представити такими рівняннями:

$$\text{Root}_1 = -0.175 \cdot L - 0.406 \cdot T - 0.812 \cdot K + 1.829 \cdot F + 0.187 \cdot R - 1.459 \cdot N + 2.105,$$

$$\lambda_1 = 11.268;$$

$$\text{Root}_2 = 0.120 \cdot L - 0.750 \cdot T - 0.825 \cdot K - 1.436 \cdot F + 0.875 \cdot R - 1.559 \cdot N + 18.367,$$

$$\lambda_2 = 3.88;$$

$$\text{Root}_3 = 4.450 \cdot L + 0.598 \cdot T + 1.741 \cdot K + 0.552 \cdot F + 0.148 \cdot R - 0.502 \cdot N - 43.057,$$

$$\lambda_3 = 2.06,$$

де Root_i - комплексні градієнти середовища, осі типологічної схеми; L - освітленість, T - термічний режим, K - континентальність, F - режим зволоженості, R - кислотність, N - вміст азоту; λ_i - власні значення векторів.

Перша вісь типологічної схеми пояснює 55.8 % загальної дисперсії. Її значення залежать в основному від температурного режиму (коефіцієнт кореляції $r = -0.84$), вологозабезпеченості ґрунту ($r = 0.81$), вмісту азоту ($r = -0.74$) та рН ґрунту ($r = -0.53$). Дискримінантна функція Root_1 відображає відмінності формування суходільних та заплавних лук, а саме: із збільшенням вологості ґрунту зменшується вміст азоту і параметр температурного режиму, зростає кислотність ґрунту. Максимальними значеннями функції Root_1 характеризуються ценози вологих заплавних лук: асоціації *Molinietum coeruleae*, *Juncus-Molinietum*, *Epilobio-Juncetum effusi*, *Juncus-Cynosuretum*, *Scirpetum sylvatici*. Досліджуване рослинне угруповання постпірогенної сукцесії характеризується мінімальними значеннями функції Root_1 (табл. 3) разом з асоціаціями *Polygonetum avicularis*, *Poaetum annuae*.

Друга вісь додатково пояснює 19.2 % загальної дисперсії даних. Її значення залежать в основному від вмісту азоту ($r = -0.60$), вологості ґрунту ($r = -0.59$) та континентальності ($r = -0.50$). Рослинне угруповання постпірогенної сукцесії відзначається сухішими та багатшими умовами у порівнянні із більшістю лучних угруповань, у зв'язку з чим відрізняються досить високими

значеннями другої дискримінантної функції **Root₂**. Третя дискримінантна функція **Root₃** пояснює 10.2 % загальної дисперсії даних, вона залежить від освітленості ($r=-0.71$).

Загалом, досліджуване рослинне угруповання розташоване на периферії еколого-фітоценотичного простору лучної рослинності класу *Molinio-Arrhenatheretea*, для якого характерні низькі значення функції **Root₁** та високі значення функції **Root₂** (табл. 5.4).

Таблиця 5.4 - Результати типізації місцезростань

№ з/п*	Синтаксон	Root 1	Root 2	Root 3	p**
Модель 1: рівень класів рослинності					
I	<i>Molinio-Arrhenatheretea</i>	1.38	-0.69	-0.85	0.265
II	<i>Artemisietea vulgaris</i>	2.62	0.75	0.67	0.403
III	<i>Agropyretea intermedio-repentis</i>	1.62	1.12	1.46	0.333
IV	<i>Vaccinio-Piceetea</i>	-3.36	-2.43	0.91	0.000
V	<i>Quercu-Fagetea</i>	-4.30	1.71	-0.32	0.000
500	Com.***	1.47	0.75	0.01	-
Модель 2: <i>Molinio-Arrhenatheretea</i>					
102	<i>Lolio-Polygonetum arenastri</i>	-3.16	0.34	-0.19	0.082
104	<i>Bryo-Saginetum procumbentis</i>	-3.00	0.96	-1.02	0.206
105	<i>Prunello-Plantaginetum</i>	-2.94	-0.61	-0.16	0.031
107	<i>Polygonetum avicularis</i>	-5.22	-0.64	0.50	0.044
108	<i>Lolio-Potentilletum anserinae</i>	-2.64	-0.77	-1.06	0.010
121	<i>Alopecuretum pratensis</i>	-1.60	0.38	-0.70	0.075
122	<i>Arrhenatheretum elatioris</i>	-1.25	1.52	-0.07	0.357
123	<i>Poo-Festucetum rubrae</i>	-1.01	1.21	-0.52	0.080
125	<i>Trisetetum flavescens</i>	-1.60	3.45	-0.27	0.020
126	<i>Lolio-Cynosuretum</i>	-1.00	1.51	-1.66	0.025
127	<i>Festuco-Cynosuretum</i>	-0.78	2.38	-0.66	0.071
500	Com.	-3.62	1.89	-0.43	-
Модель 3: <i>Artemisietea vulgaris</i>					
133	<i>Echio-Meliloletum</i>	-2.58	-0.15	-1.35	0.025
136	<i>Balloto-Chenopodietum</i>	-0.02	-0.15	-1.02	0.567
137	<i>Artemisio-Tanacetum vulgaris</i>	-0.58	-0.03	-0.62	0.346
138	<i>Sambucetum ebuli</i>	-0.40	0.50	-2.17	0.025
145	<i>Polygonetum cuspidati</i>	1.60	1.06	-0.31	0.034
500	Com.	1.36	-0.25	-2.07	-
Модель 4: <i>Artemisietea vulgaris</i> + <i>Agropyretea intermedio-repentis</i>					

136	Balloto-Chenopodietum	0.01	-0.22	0.75	0.054
137	Artemisio-Tanacetum vulgare	0.56	-0.23	0.30	0.025
154	Agropyretum repentis	0.04	0.76	0.22	0.123
155	Convolvulo arvensis-Agropyretum repentis	-0.31	1.24	1.29	0.790
500	Com.	-1.57	-0.14	2.22	-
Модель 5: Vaccinio-Piceetea + Querco-Fagetea					
14	Potentillo albae-Quercetum	0.04	-1.64	-0.12	0.999
27	Tilio cordatae-Carpinetum betuli	4.39	0.00	0.83	0.001
500	Com.	1.85	-2.13	2.08	-
Модель 6: рівень асоціацій рослинності					
102	Lolio-Polygonetum arenastri	-0.25	-1.59	-0.55	0.003
104	Bryo-Saginetum procumbentis	0.21	-1.20	-0.74	0.108
105	Prunello-Plantaginetum	-1.17	-2.45	0.79	0.000
107	Polygonetum avicularis	1.57	-1.24	1.40	0.007
121	Alopecuretum pratensis	-3.60	0.45	-0.56	0.000
122	Arrhenatheretum elatioris	-4.11	0.26	0.18	0.000
123	Poo-Festucetum rubrae	-3.46	-0.59	0.04	0.000
127	Festuco-Cynosuretum	-5.33	1.85	-0.43	0.000
133	Echio-Meliloletum	0.46	3.31	-1.72	0.000
136	Balloto-Chenopodietum	1.89	0.46	-0.26	0.015
137	Artemisio-Tanacetum vulgare	1.78	0.79	-0.73	0.004
138	Sambucetum ebuli	2.16	-0.06	-2.24	0.002
145	Polygonetum cuspidati	2.60	-1.66	0.94	0.000
154	Agropyretum repentis	1.24	1.88	1.67	0.050
155	Convolvulo arvensis-Agropyretum repentis	1.04	1.97	1.77	0.811
500	Рослинне угруповання I стадії сукцесії	0.25	1.48	0.43	-
Результати екстраполяції: лісова рослинність					
14	Potentillo albae-Quercetum	-5.91	-0.87	8.95	-
27	Tilio cordatae-Carpinetum betuli	-7.66	-2.12	5.92	-
17	Dentario glandulosae-Fagetum	-4.08	-4.15	13.64	-
20	Carici pilosae-Fagetum	-3.89	-6.05	14.62	-
35	Cladonio-Pinetum	-11.7	1.28	3.34	-
38	Molinio-Pinetum	-15.0	-1.33	3.04	-
39	Festuco ovinae-Pinetum	-11.2	1.01	3.81	-
40	Querco roboris-Pinetum	-8.79	-2.11	10.64	-
41	Vaccinio uliginosi-Pinetum	-16.5	-3.33	6.63	-
Умовні позначення. Root 1-3 - осі типологічної схеми, комплексні градієнти					

середовища; * - числова нумерація синтаксонів відповідає їх порядковому номеру в базі даних рослинності; ** - ймовірність належності рослинного угруповання постпірогенної сукцесії до асоціації; *** Com. - рослинне угруповання I стадії постпірогенної сукцесії.

За сукупністю екологічних параметрів (табл. 5.2) та положенням на комплексних градієнтах середовища (табл. 5.3) із ймовірністю 0.357 воно належить до асоціації *Arrhenatheretum elatioris*, а із ймовірністю 0.206 до асоціації *Bryo-Saginetum procumbentis*. Асоціація *Bryo-Saginetum procumbentis* - рудеральне угруповання мохів і трав-терофітів, яке має вигляд піонерного і формується в місцях, позбавлених багаторічних рослин (Сорока, 2008). Вона формується на витоптаних місцях, знищених газонах, а також як піонерне угруповання в тріщинах зруйнованого асфальтового та бетонного покриття або на дуже бідних ґрунтах. На місці зруйнованого вогнем угруповання більше шансів сформуватися має асоціація *Arrhenatheretum elatioris*. Вона поширена на багатих свіжих дернових ґрунтах із добрим дренажем та аерацією (Сорока, 2008).

Клас *Artemisietea vulgaris* охоплює угруповання нітрофільних мезофітів-багаторічників на багатих, добре аерованих ґрунтах (Сорока, 2008). Екологічні особливості місцезростань 19 асоціацій цього класу рослинності описує математична модель 3. Результати математичного моделювання (табл. 3) можна представити такими рівняннями:

$$\mathbf{Root}_1 = -4.004 \cdot L - 0.227 \cdot T - 0.168 \cdot K - 0.546 \cdot F - 0.172 \cdot R - 1.085 \cdot N + 28.787,$$

$$\lambda_1 = 10.18;$$

$$\mathbf{Root}_2 = -1.723 \cdot L + 7.877 \cdot T - 0.089 \cdot K - 0.637 \cdot F + 0.437 \cdot R + 0.357 \cdot N - 35.456,$$

$$\lambda_2 = 5.61;$$

$$\mathbf{Root}_3 = -0.014 \cdot L + 3.107 \cdot T + 0.953 \cdot K + 3.191 \cdot F - 1.768 \cdot R - 0.824 \cdot N - 20.900,$$

$$\lambda_3 = 3.58;$$

де \mathbf{Root}_i - комплексні градієнти середовища, осі типологічної схеми; L - освітленість, T - термічний режим, K - континентальність, F - режим зволоженості, R - кислотність, N - вміст азоту; λ_i - власні значення векторів.

Перша вісь типологічної схеми пояснює 43.7 % загальної дисперсії. Її значення залежать в основному від освітленості (коефіцієнт кореляції $r=-0.97$), вологозабезпеченості ґрунту ($r=0.63$), вмісту азоту ($r=0.69$) та континентальності ($r=-0.65$). Мінімальні значення дискримінантної функції $Root_1$ властиві асоціаціям *Berteroetum incanae* та *Salvio verticillatae-Artemisietum*, а максимальні - асоціаціям *Alliario-Chaerophylletum temuli* і *Chaerophylletum aromatici*. Асоціація *Berteroetum incanae* займає сухі узбіччя доріг, насипи залізниць, а *Salvio verticillatae-Artemisietum*, крім узбіччя доріг, межі зернових посівів, занедбані перелоги (Сорока, 2008). Асоціації *Alliario-Chaerophylletum temuli* і *Chaerophylletum aromatici* представляють екотонні угруповання вологих лісів і часто поширені в місцях знищених листяних лісів (Сорока, 2008).

Друга вісь додатково пояснює 23.1 % загальної дисперсії даних. Її значення залежать в основному від температурного режиму ($r=0.90$). Третя дискримінантна функція $Root_3$ пояснює 7.0 % загальної дисперсії даних, вона залежить від рН ґрунту ($r=-0.54$) та вмісту вологи ($r=0.49$). Центр екологічного простору рослинності класу *Artemisietea vulgaris* займають асоціації *Balloto-Chenopodietum* і *Artemisio-Tanacetum vulgaris*. Із ймовірністю 0.567 та 0.346 відповідно до них належить рослинне угруповання постпірогенної сукцесії (табл. 3).

Клас *Agropyreteae intermedio-repentis* об'єднує рослинні угруповання на сухих ущільнених ґрунтах. Оскільки у регіоні виділені тільки 2 асоціації цього класу, його екологічний простір досліджували у сукупності з класом *Artemisietea vulgaris*. Результати математичного моделювання (табл. 3) можна представити такими рівняннями:

$$\mathbf{Root}_1 = 4.122 \cdot L + 0.306 \cdot T + 0.240 \cdot K + 0.619 \cdot F - 0.009 \cdot R - 1.053 \cdot N - 29.770,$$

$$\lambda_1=9.43;$$

$$\mathbf{Root}_2 = -1.914 \cdot L + 7.351 \cdot T - 0.111 \cdot K - 1.140 \cdot F + 0.259 \cdot R + 0.427 \cdot N - 27.646,$$

$$\lambda_2=5.13;$$

$$\mathbf{Root}_3 = -0.540 \cdot L - 4.000 \cdot T - 0.487 \cdot K - 3.240 \cdot F + 1.379 \cdot R + 0.510 \cdot N + 33.033,$$

$$\lambda_3=2.85,$$

де $Root_i$ - комплексні градієнти середовища, осі типологічної схеми; L - освітленість, T - термічний режим, K - континентальність, F - режим зволоженості, R - кислотність, N - вміст азоту; λ_i - власні значення векторів.

Екологічний простір сукупності асоціацій класів *Agropyretea intermedio-repentis* і *Artemisietea vulgaris* (модель 4) в цілому повторяє закономірності формування класу *Artemisietea vulgaris* (модель 3), але в дзеркальному відображенні. Так, перша вісь типологічної схеми пояснює 44.5 % загальної дисперсії. Її значення залежать в основному від освітленості (коефіцієнт кореляції $r=0.96$), вологозабезпеченості ґрунту ($r=-0.60$), вмісту азоту ($r=-0.65$) та континентальності ($r=0.62$). Максимальні значення дискримінантної функції $Root_1$ властиві асоціаціям *Berteroetum incanae* та *Salvio verticillatae-Artemisietum*, а мінімальні - асоціаціям *Alliario-Chaerophylletum temuli* і *Chaerophylletum aromatici*. Фактично, отримано аналогічні висновки, що і в попередній моделі, але коефіцієнти кореляції мають протилежний знак.

Друга дискримінантна функція $Root_2$ додатково пояснює 24.1 % загальної дисперсії даних. Її значення залежать в основному від температурного режиму ($r=0.88$). Третя дискримінантна функція $Root_3$ пояснює 13.5 % загальної дисперсії даних, вона залежить від рН ґрунту ($r=0.38$) та вмісту вологи ($r=-0.57$). Центр екологічного простору сукупності асоціацій класів *Agropyretea intermedio-repentis* і *Artemisietea vulgaris* також займають асоціації *Balloto-Chenopodietum* і *Artemisio-Tanacetum vulgaris* (табл. 3). Асоціації класу *Agropyretea intermedio-repentis* - *Agropyretum repentis* і *Convolvulo arvensis-Agropyretum repentis* - займають близьке до них положення, але відрізняються дещо більшими значеннями другої дискримінантної функції $Root_2$. Із ймовірністю 0.790 рослинне угруповання постпірогенної сукцесії належить до асоціації *Convolvulo arvensis-Agropyretum repentis*, із ймовірністю 0.123 - до асоціації *Agropyretum repentis* (табл. 5.4).

Рослинне угруповання постпірогенної сукцесії істотно відрізняється своїми екологічними параметрами від асоціацій лісової рослинності класів *Vaccinio-Piceetea* і *Quercu-Fagetea* (рис. 5.1, табл. 5.3). Але теоретично, за

відсутності антропогенного впливу, на місці суходільних лук повинна відновитися лісова рослинність. У цьому випадку математична модель 5 дає змогу прогнозувати, в якому напрямі відбуватиметься динаміка постпірогенного рослинного угруповання. Результати математичного моделювання (табл. 5.4) можна представити такими рівняннями:

$$\mathbf{Root}_1 = -0.957 \cdot L - 0.161 \cdot T + 0.521 \cdot K + 0.020 \cdot F + 0.512 \cdot R + 1.744 \cdot N - 6.915,$$

$$\lambda_1 = 17.53;$$

$$\mathbf{Root}_2 = -0.094 \cdot L - 0.556 \cdot T + 1.246 \cdot K + 2.467 \cdot F - 0.106 \cdot R + 0.013 \cdot N - 14.350,$$

$$\lambda_2 = 6.47;$$

$$\mathbf{Root}_3 = 1.004 \cdot L - 1.291 \cdot T - 2.812 \cdot K + 0.292 \cdot F + 0.965 \cdot R - 0.500 \cdot N + 8.876,$$

$$\lambda_3 = 1.96;$$

де \mathbf{Root}_i - комплексні градієнти середовища, осі типологічної схеми; L - освітленість, T - термічний режим, K - континентальність, F - режим зволоженості, R - кислотність, N - вміст азоту; λ_i - власні значення векторів.

Перша вісь типологічної схеми \mathbf{Root}_1 пояснює 62.7 % загальної дисперсії. Її значення залежать в основному від вмісту азоту (коефіцієнт кореляції $r=0.99$), рН ґрунту ($r=0.90$) та освітленості ($r=-0.89$). Дискримінантна функція \mathbf{Root}_1 відображає відмінності формування хвойних і широколистяних лісів. Мінімальними значеннями функції \mathbf{Root}_1 характеризуються соснові ліси на бідних ґрунтах асоціацій *Cladonio-Pinetum* ($\mathbf{Root}_1=-6.42$) і *Festuco ovinae-Pinetum* ($\mathbf{Root}_1=-5.95$), а максимальними - букові та дубові ліси асоціацій *Dentario glandulosae-Fagetum* ($\mathbf{Root}_1=5.29$), *Tilio cordatae-Carpinetum betuli* ($\mathbf{Root}_1=4.39$), *Mercuriali-Fagetum* ($\mathbf{Root}_1=4.16$).

Друга вісь додатково пояснює 23.1 % загальної дисперсії даних. Її значення залежать в основному від вологості ґрунту ($r=0.97$). Мінімальними значеннями функції \mathbf{Root}_1 характеризуються соснові ліси на сухих ґрунтах асоціацій *Cladonio-Pinetum* ($\mathbf{Root}_2=-3.52$) і *Festuco ovinae-Pinetum* ($\mathbf{Root}_2=-2.87$), а максимальними - соснові ліси на вологих ґрунтах асоціацій *Vaccinio uliginosi-Pinetum* ($\mathbf{Root}_2=5.05$), *Molinio-Pinetum* ($\mathbf{Root}_2=3.73$). Третя дискримінантна

функція Root_3 пояснює 7.0 % загальної дисперсії даних, вона залежить від континентальності ($r=-0.74$).

Загалом, досліджуване рослинне угруповання постпірогенної сукцесії розташоване на периферії еколого-фітоценотичного простору лісової рослинності, у четвертій чверті типологічної схеми, для якої характерні порівняно високі значення функції Root_1 та низькі значення функції Root_2 (табл. 3). За сукупністю екологічних параметрів (табл. 5.2) та положенням на комплексних градієнтах середовища (табл. 5.3) із імовірністю 0.999 воно належить до асоціації *Potentillo albae-Quercetum*, а із імовірністю 0.001 до асоціації *Tilio cordatae-Carpinetum betuli*. Асоціація *Potentillo albae-Quercetum* - термофільна діброва, яка займає південні та південно-західні макросхили регіону на багатих, пухких ґрунтах (Сорока, 2008). Асоціація *Tilio cordatae-Carpinetum betuli* - найпоширеніший в регіоні тип широколистяного фітоценозу, який є кінцевим, гомеостатичним у сукцесійному ряду лісової рослинності (Сорока, 2008).

У процесі математичного моделювання еколого-фітоценотичного простору різних класів рослинності було визначено рослинні асоціації, у напрямі яких може відбуватися постпірогенна сукцесія суходільної луки. Ці асоціації лягли в основу завершального етапу моделювання комплексних градієнтів середовища. Після розгляду декількох варіантів математичного моделювання лісову рослинність було виключено із процедури обчислень. Положення асоціацій лісової рослинності порівняно з рослинним угрупованням постпірогенної сукцесії визначали шляхом екстраполяції. Результати математичного моделювання (рис. 5.2, табл. 5.3) можна представити такими рівняннями:

$$\text{Root}_1 = 0.067 \cdot L + 2.914 \cdot T + 0.315 \cdot K - 0.986 \cdot F + 1.433 \cdot R + 1.478 \cdot N - 32.978,$$

$$\lambda_1=6.17;$$

$$\text{Root}_2 = 1.221 \cdot L - 4.093 \cdot T + 0.962 \cdot K - 0.991 \cdot F + 1.584 \cdot R - 1.300 \cdot N + 13.118,$$

$$\lambda_2=2.66;$$

$\text{Root}_3 = -3.950 \cdot L + 2.012 \cdot T + 1.217 \cdot K - 0.705 \cdot F - 1.103 \cdot R + 0.532 \cdot N + 19.593$,
 $\lambda_3=1.49$;

де Root_i - комплексні градієнти середовища, осі типологічної схеми; L - освітленість, T - термічний режим, K - континентальність, F - режим зволоженості, R - кислотність, N - вміст азоту; λ_i - власні значення векторів.

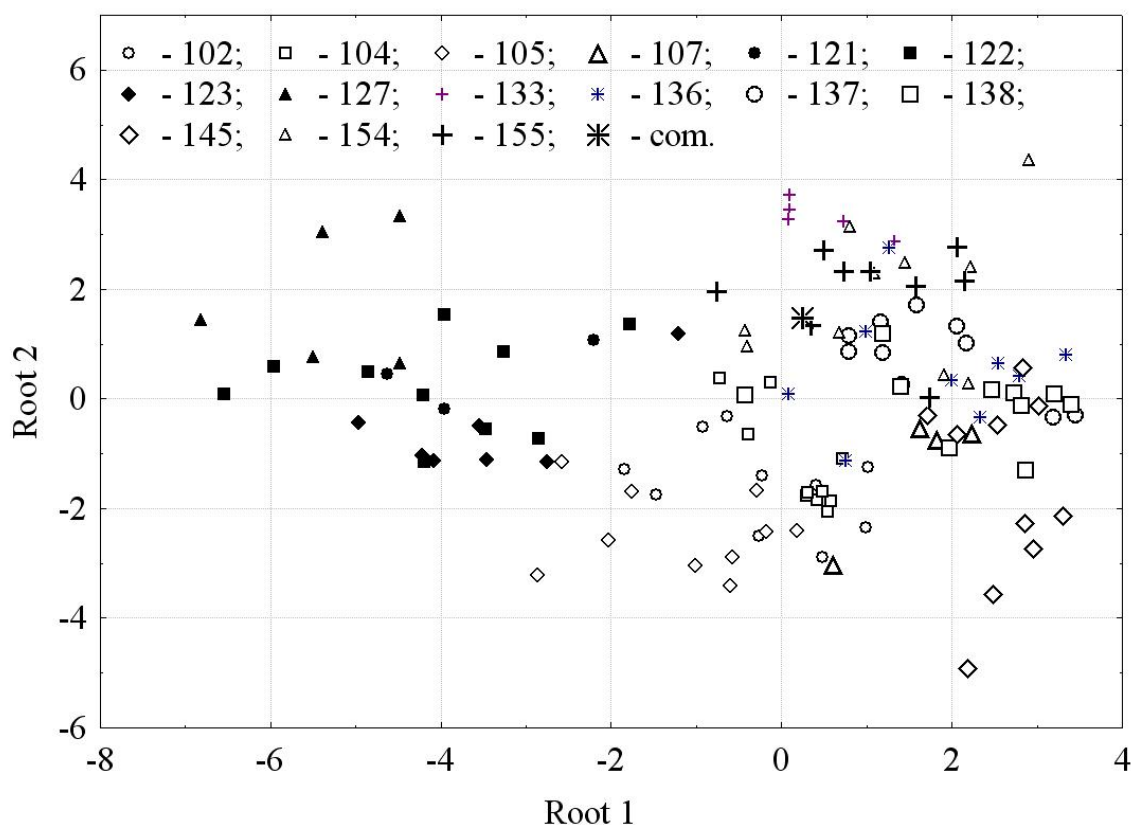


Рисунок 5.2 - Типологічна схема рослинності: рівень асоціацій

Умовні позначення. Числова нумерація асоціацій відповідає таблиці 5.3; com. - рослинне угруповання I стадії постпірогенної сукцесії

Перша вісь типологічної схеми Root_1 пояснює 53.9 % загальної дисперсії і відображає основні особливості постпірогенної сукцесії рослинного угруповання суходільної луки. Її значення залежать в основному від рН ґрунту (коефіцієнт кореляції $r=0.82$), вмісту азоту ($r=0.77$), температурного режиму ($r=0.71$). Вона відображає комплексний градієнт середовища рослинності класів *Molinio-Arrhenatheretea*, *Artemisietea vulgaris* і *Agropyretea intermedio-repentis*: із збільшенням освітленості зростають параметри термічного режиму, вміст азоту

та рН ґрунту, при цьому спостерігається тенденція до зменшення вологозабезпеченості ґрунту. Мінімальні значення дискримінантної функції $Root_1$ властиві найбільш поширеній в регіоні асоціації лучної рослинності *Arrhenatheretum elatioris*, а також найпоширенішій асоціації широколистяних лісів *Tilio cordatae-Carpinetum betuli*. Зменшення значень першої дискримінантної функції $Root_1$ відображає напрям відновлення природної рослинності на місці сухододільних лук (табл. 5.4).

Друга вісь $Root_2$ додатково пояснює 23.2 % загальної дисперсії даних. Її значення залежать в основному від континентальності ($r=0.60$), вологозабезпеченості ґрунту ($r=-0.54$) та вмісту азоту ($r=-0.45$). Третя дискримінантна функція $Root_3$ пояснює 13.0 % загальної дисперсії даних, вона залежить від континентальності ($r=0.57$) та освітленості ($r=-0.50$). Із ймовірністю 0.811 рослинне угруповання I стадії постпірогенної сукцесії належить до асоціації *Convolvulo arvensis-Agropyretum repentis* (табл. 3). Ця асоціація об'єднує угруповання сухих, дуже вищипаних рудеральних місцезростань.

Типологічні схеми різних класів рослинності на основі математичних моделей багатовимірної ординації дозволяють визначити положення будь-яких рослинних асоціацій на осях комплексних градієнтів середовища, зокрема різних стадій постпірогенної сукцесії, та прогнозувати динаміку рослинного покриву у результаті антропогенного впливу.

Висновки до Розділу 5

Природна фітомеліорація є основним способом відновлення пірогенно порушених територій. Розрахунок коефіцієнтів фітомеліоративної ефективності показав наступну диференціацію отриманих даних: найвищий показник зафіксовано на території дослідної ділянки №4 ($K_{FM} = 5,5$); дещо нижчі показники на ділянках №5 ($K_{FM} = 5,0$), №2 ($K_{FM} = 4,5$). Суттєво нижчий показник коефіцієнта, встановлено для ділянки № 1 ($K_{FM} = 4,0$). Найнижчий

показник коефіцієнта фітомеліоративної ефективності підраховано на ділянці №3 ($K_{FM} = 3,0$).

Флористичний склад післялісової луки на I стадії післяпожежної сукцесії включає лучні, сегетальні, рудеральні та лісові види. Саме у напрямі цих типів рослинності найбільш імовірний розвиток рослинного угруповання. Відновлення рослинного покриву значною мірою залежатиме від характеру та інтенсивності антропогенного впливу.

На основі однофакторного дисперсійного аналізу встановлено істотну значущість освітленості, кислотності ґрунту і вмісту азоту для екологічної диференціації лучної, рудеральної і лісової рослинності.

У випадку сприяння відновленню лучної рослинності на місці зруйнованого вогнем угруповання більше шансів сформуватися має асоціація *Arrhenatheretum elatioris*.

В еколого-фітоценотичному просторі рудеральної рослинності на місці знищеного вогнем рослинного угруповання із великою ймовірністю формуватимуться асоціації *Convolvulo arvensis-Agropyretum repentis*, *Agropyretum repentis*, *Balloto-Chenopodietum* і *Artemisio-Tanacetum vulgaris*.

Відновлення лісової рослинності шляхом сприяння природному поновленню або створення лісових культур із великою ймовірністю відбуватиметься у напрямі формування асоціацій *Potentillo albae-Quercetum* та *Tilio cordatae-Carpinetum betuli*.

Основна особливість трансформації місцезростання суходільної луки після пожежі полягає у такій структурі взаємозв'язів екологічних чинників: із збільшенням освітленості зростають параметри термічного режиму, вміст азоту та рН ґрунту, при цьому спостерігається тенденція до зменшення вологозабезпеченості ґрунту.

Результати досліджень **Розділу 5** опубліковано у наукових працях [137, 140, 147].

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі, яка є завершеною науковою працею, представлено результати експериментальних досліджень та теоретичних узагальнень екологічних наслідків лісових пожеж та постпірогенної фітомеліорації в Карпатському лісогосподарському районі та встановлено роль природної фітомеліорації в ренатуралізації порушених вогнем територій. Досліджено екологічну структуру, віталітет та сукцесійні процеси на постпірогенних територіях.

1. Встановлений видовий склад у постпірогенних умовах, який налічує 50 видів (17 родин, з яких переважають Айстрові (Asteraceae), Злакові (Poaceae), Бобові (Fabaceae), Трояндові (Rosaceae), Березові (Betulaceae), Букові (Fagaceae)), свідчить про значне флористичне різноманіття досліджуваних територій та відображає особливості формування рослинних угруповань, що є важливим для оцінювання процесів природного відновлення екосистем після пожеж.

2. Встановлено, що внаслідок пожеж у природних екосистемах рослинність має низькі показники віталітету та незадовільний санітарний стан. За результатами оцінювання життєвості деревних і трав'янистих видів встановлено віталітетний ряд дослідних ділянок: №4 (с. Дубриничі) → №5 (с. Вишка, НПП «Ужанський») → №2 (с. Вовкове) → №1 (с. Руські Комарівці) → №3 (м. Ужгород, вул. О. Блистіва). Найвищі показники життєвості виявлено на ділянках №4 та №5, де частка особин із повною життєвістю становила 50-60%, що свідчить про сприятливі умови для відновлення рослинності після пожеж. На ділянках №1 та №3 переважали особини зі зниженою життєвістю (56-75%), причому найгірший стан зафіксовано на ділянці №3. Низький рівень життєвості рослин на окремих ділянках пов'язаний із потужнішим пірогенним порушенням екосистем, погіршенням фізико-хімічних властивостей ґрунту, дефіцитом вологи, а також додатковим антропогенним навантаженням, що уповільнює процеси постпірогенного відновлення рослинного покриву.

3. Встановлено, що серед типів ушкоджень деревних насаджень на дослідних ділянках переважають всихаючі насадження, частка яких становить 49% від загальної кількості обстежених дерев. Значно поширеними також є суховершинні насадження (34%), тоді як частка сухостійних насаджень становить 10%, а аварійно похилених і зламаних дерев - 7%. Отримані результати свідчать про суттєве ослаблення деревостанів на досліджуваних територіях та переважання процесів поступової деградації насаджень над їх повним відмиранням. Домінування всихаючих і суховершинних дерев вказує на тривалий негативний вплив пірогенних чинників, який призводить до зниження життєздатності насаджень і потребує проведення заходів щодо моніторингу та відновлення постраждалих екосистем.

4. Аналіз еколого-ценотичної структури рослинного покриву постпірогенних територій показав переважання мезотрофних видів (51%), що свідчить про домінування рослин, пристосованих до умов середнього забезпечення поживними речовинами. За відношенням до зволоження найбільшу частку становлять мезофіти (37,5%) та мезоксерофіти (23%), що характеризує досліджувані екосистеми як такі, що формуються переважно в умовах помірного водозабезпечення. За світловими вимогами домінують геліофіти (45,5%), що вказує на значну відкритість територій та сприятливі умови для розвитку світлолюбних видів після пожеж. Отримані результати відображають адаптацію рослинного покриву до постпірогенних умов середовища та особливості сукцесійних процесів на досліджуваних ділянках.

5. Встановлено, що температура займання та самозаймання рослинних зразків деревини не залежить від висоти відбору зразків (20 см, 70 см, 120 см, 170 см, 220 см). Найнижчі температури займання та самозаймання зафіксовано для *Betula pendula* Roth. - +245 °C і +465 °C відповідно. Для *Populus tremula* L. температури займання становили +265-+275 °C, а самозаймання - +475-+485 °C, що свідчить про її вищу термічну стійкість. Для *Prunus avium* температура займання становила +265 °C, а самозаймання - +455-+465 °C, що вказує на найнижчу стійкість до самозаймання серед досліджуваних порід.

6. Встановлено, що температура займання досліджуваної трав'яної рослинності (*Tanacetum vulgare* L., *Chenopodium album* L., *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth., *Bellis perennis* L.) змінюється в межах +240-+280 °С, температура самозаймання - +515-+535 °С, а температура самозаймання в теплових умовах - +190-+230 °С. Найменшу варіацію виявлено для температури самозаймання (20 °С), найбільшу - для температури займання та самозаймання в теплових умовах (40 °С).

7. Газохроматографічний аналіз продуктів горіння сухої трави показав, що значна частина процесу відбувалася в умовах недостатнього доступу кисню, а найбільшу частку суміші становить нерозділений комплекс газів повітря та оксиду вуглецю - 83,99 %. Порівняно невелика частка діоксиду вуглецю (6,4%) та наявність метану (5,82%) підтверджують перебіг активних процесів піролізу рослинної біомаси. Водночас присутність водяної пари обумовлена залишковою вологістю рослинного матеріалу.

8. Газохроматографічний аналіз продуктів горіння деревини (*Populus tremula* L.) показав, що масова частка діоксиду вуглецю становить 63,40 %, повітря - 34,82 %, оксиду вуглецю - 1,78 %. Низька концентрація оксиду вуглецю вказує на те, що горіння відбувалося в умовах достатнього надлишку кисню та характеризувалося переважанням полум'яного горіння над тлінням.

9. Оцінювання фітомеліоративної ефективності рослинного покриву постпірогенних територій засвідчило відмінності у відновному потенціалі досліджуваних ділянок. Значення коефіцієнта фітомеліоративної ефективності (K_{FM}) змінювалися в межах від 3,0 до 5,5. Найвищі показники встановлено на ділянках №4 (с. Дубриничі, $K_{FM}=5,5$) та №5 (с. Вишка, територія НПП «Ужанський», $K_{FM}=5,0$), що свідчить про високий рівень екологічної стабілізації та відновлення рослинного покриву. Проміжні значення зафіксовано на ділянках №2 ($K_{FM}=4,5$) та №1 ($K_{FM}=4,0$), тоді як найнижчий показник встановлено на ділянці №3 (м. Ужгород, $K_{FM}=3,0$). Отримані результати підтверджують нерівномірність відновлення постпірогенних екосистем та вказують на кращі фітомеліоративні властивості рослинних

угруповань природоохоронних і менш антропогенно трансформованих територій.

10. На основі однофакторного дисперсійного аналізу встановлено, що освітленість, кислотність ґрунту та вміст азоту є ключовими екологічними чинниками, які визначають напрямки постпірогенної сукцесії рослинного покриву. Встановлено, що за умов відновлення лучної рослинності на територіях, порушених пожежами, найбільш імовірним є формування асоціації *Arrhenatheretum elatioris*. У процесі постпірогенного розвитку рудеральної рослинності переважатиме формування асоціацій *Convolvulo arvensis-Agropyretum repentis*, *Agropyretum repentis*, *Balloto-Chenopodietum* та *Artemisio-Tanacetum vulgare*. Відновлення лісових екосистем шляхом природної сукцесії або лісовідновлювальних заходів найімовірніше відбуватиметься у напрямі формування асоціацій *Potentillo albae-Quercetum* та *Tilio cordatae-Carpinetum betuli*, що відображає закономірності відновлення рослинного покриву після пожеж у природних екосистемах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Statista. Area burned by wildfire in European countries [Електронний ресурс]. URL: <https://www.statista.com/statistics/1260777/area-burned-by-wildfire-in-european-countries/> (дата звернення: 04.06.2026).
2. Bolan S., Sharma S., Mukherjee S. et al. Wildfires under changing climate, and their environmental and health impacts // *Journal of Soils and Sediments*. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11368-025-04020-y>.
3. Baker W. L. The landscape ecology of large disturbances in the design and management of nature reserves // *Landscape Ecology*. 1992. Vol. 7. P. 181-194. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00133309>.
4. Newman Thacker F. E., Bartholomeus H., Rosell Ibarz M. et al. Characterising land cover-wildfire interactions in Catalonia and their implications for resilience // *Fire Ecology*. 2025. Vol. 21. Art. 31. DOI: <https://doi.org/10.1186/s42408-025-00372-5>.
5. Stephens E. Z., Homyak P. M. Post-fire soil emissions of nitric oxide (NO) and nitrous oxide (N₂O) across global ecosystems: a review // *Biogeochemistry*. 2023. Vol. 165. P. 291-309. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10533-023-01072-5>.
6. McLauchlan K. K., Higuera P. E., Miesel J. et al. Fire as a fundamental ecological process: Research advances and frontiers // *Journal of Ecology*. 2020. Vol. 108. P. 2047-2069. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13403>.
7. Burton C., Kelley D. I., Jones C. D., Betts R. A., Cardoso M., Anderson L. South American fires and their impacts on ecosystems increase with continued emissions // *Climate Resilience and Sustainability*. 2022. Vol. 1, No. 1. Article e8.
8. Goodridge B. M., Hanan E. J., Aguilera R. et al. Retention of Nitrogen Following Wildfire in a Chaparral Ecosystem // *Ecosystems*. 2018. Vol. 21. P. 1608-1622. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10021-018-0243-3>.
9. Hanan E. J., D'Antonio C. M., Roberts D. A. et al. Factors Regulating Nitrogen Retention During the Early Stages of Recovery from Fire in Coastal

Chaparral Ecosystems // Ecosystems. 2016. Vol. 19. P. 910-926. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10021-016-9975-0>.

10. Fraterrigo J. M., Rembelski M. K. Frequent Fire Reduces the Magnitude of Positive Interactions Between an Invasive Grass and Soil Microbes in Temperate Forests // Ecosystems. 2021. Vol. 24. P. 1738-1755. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10021-021-00615-x>.

11. Zalman C., Hanna E., Rush J. et al. Vegetation type and fire severity mediate short-term post fire soil microbial responses // Plant and Soil. 2023. Vol. 484. P. 155-170. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-022-05776-9>.

12. Ibáñez M., Manjón-Cabeza J., Chowdhury S. et al. Prescribed burning modifies soil fertility and microbial biomass mediated by vegetation in Mediterranean mountain rangelands // Plant and Soil. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-025-07441-3>.

13. Arthur M. A. et al. Fire Ecology and Management in Eastern Broadleaf and Appalachian Forests // Fire Ecology and Management: Past, Present, and Future of US Forested Ecosystems / eds. C. H. Greenberg, B. Collins. Cham : Springer, 2021. Vol. 39. P. 121-156. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-73267-7_4.

14. Stark S., Kumar M., Myrsky E. et al. Decreased Soil Microbial Nitrogen Under Vegetation «Shrubification» in the Subarctic Forest-Tundra Ecotone: The Potential Role of Increasing Nutrient Competition Between Plants and Soil Microorganisms // Ecosystems. 2023. Vol. 26. P. 1504-1523. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10021-023-00847-z>.

15. Holík J., Janík D., Šamonil P. et al. Topographic conditions dominate tree species recovery over 15 years post-fire in a temperate *Pinus sylvestris* forest // Fire Ecology. 2025. Vol. 21. Art. 29. DOI: <https://doi.org/10.1186/s42408-025-00374-3>.

16. Simon A., Bravo Almeida P., Geitner C. et al. Soil redistribution and seed availability after fire events in mixed *Austrocedrus chilensis* forests in Northern Patagonia (Argentina) // Fire Ecology. 2025. Vol. 21. Art. 13. DOI: <https://doi.org/10.1186/s42408-025-00354-7>.

17. Phillips C. A., Elberling B., Michelsen A. Soil Carbon and Nitrogen Stocks and Turnover Following 16 Years of Warming and Litter Addition // *Ecosystems*. 2019. Vol. 22. P. 110-124. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10021-018-0256-y>.
18. Espinosa J., Carrillo C., Madrigal J. et al. Experimental summer fires do not affect fungal diversity but do shape fungal community composition in Mediterranean *Pinus nigra* forests // *Fire Ecology*. 2025. Vol. 21. Art. 16. DOI: <https://doi.org/10.1186/s42408-025-00352-9>.
19. Godfree R. C., Knerr N., Encinas-Viso F. et al. Implications of the 2019-2020 megafires for the biogeography and conservation of Australian vegetation // *Nature Communications*. 2021. Vol. 12. Art. 1023. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-021-21266-5>.
20. Ward M., Tulloch A. I. T., Radford J. Q. et al. Impact of 2019-2020 megafires on Australian fauna habitat // *Nature Ecology & Evolution*. 2020. Vol. 4. P. 1321-1326. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41559-020-1251-1>.
21. Driscoll D. A., Macdonald K. J., Gibson R. K. et al. Biodiversity impacts of the 2019-2020 Australian megafires // *Nature*. 2024. Vol. 635. P. 898-905. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41586-024-08174-6>.
22. Sritharan M. S., Scheele B. C., Blanchard W. et al. Plant rarity in fire-prone dry sclerophyll communities // *Scientific Reports*. 2022. Vol. 12. Art. 12055. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-15927-8>.
23. Gallagher R. V., Allen S. P., Mackenzie B. D. et al. An integrated approach to assessing abiotic and biotic threats to post-fire plant species recovery: Lessons from the 2019-2020 Australian fire season // *Global Ecology and Biogeography*. 2022. Vol. 31, No. 10. P. 2056-2069. DOI: <https://doi.org/10.1111/geb.13478>.
24. Lucas-Borja M. E., Zhou G., Zema D. A., Delgado-Baquerizo M. Fostering biodiversity research in post-fire biology // *Science of the Total Environment*. 2024. Vol. 926. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171985>.
25. Senande-Rivera M., Insua-Costa D., Miguez-Macho G. Spatial and temporal expansion of global wildland fire activity in response to climate change // *Nature*

Communications. 2022. Vol. 13. Art. 1208. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-022-28835-2>.

26. Vadrevu K., Eaturu A., Casadaban E. et al. Spatial variations in vegetation fires and emissions in South and Southeast Asia during COVID-19 and pre-pandemic // *Scientific Reports*. 2022. Vol. 12. Art. 18233. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-22834-5>.

27. Beltrán-Marcos D., Suárez-Seoane S., Fernández-Guisuraga J. M. et al. Fire regime attributes shape pre-fire vegetation characteristics controlling extreme fire behavior under different bioregions in Spain // *Fire Ecology*. 2024. Vol. 20. Art. 47. DOI: <https://doi.org/10.1186/s42408-024-00276-w>.

28. Burton C., Lampe S., Kelley D. I. et al. Global burned area increasingly explained by climate change // *Nature Climate Change*. 2024. Vol. 14. P. 1186-1192. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41558-024-02140-w>.

29. Feng S., Zscheischler J., Hao Z. et al. Growing human-induced climate change fingerprint in regional weekly fire extremes // *npj Climate and Atmospheric Science*. 2025. Vol. 8. Art. 152. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41612-025-01021-z>.

30. Kariuki N. G., Chiawo D. O., Kairu E. W. et al. Weather pattern and wildfire interplay in Tsavo Conservation Area, Kenya // *Fire Ecology*. 2025. Vol. 21. Art. 18. DOI: <https://doi.org/10.1186/s42408-025-00351-w>.

31. He K., Shen X., Anagnostou E. Global burn severity in forest ecoregions: trends, climate drivers, and predictive insights // *npj Natural Hazards*. 2025. Vol. 2. Art. 61. DOI: <https://doi.org/10.1038/s44304-025-00113-3>.

32. Lloret F., Calvo E., Pons X., Díaz-Delgado R. Wildfires and landscape patterns in the Eastern Iberian Peninsula // *Landscape Ecology*. 2002. Vol. 17. P. 745-759. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1022966930861>.

33. Mamgain S., Roy A., Karnatak H. C. et al. Satellite-based long-term spatiotemporal trends of wildfire in the Himalayan vegetation // *Natural Hazards*. 2023. Vol. 116. P. 3779-3796. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11069-023-05835-z>.

34. Abatzoglou J. T., Kolden C. A., Cullen A. C. et al. Climate change has increased the odds of extreme regional forest fire years globally // *Nature*

Communications. 2025. Vol. 16. Art. 6390. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-025-61608-1>.

35. Moreira F., Viedma O., Arianoutsou M. et al. Landscape-wildfire interactions in southern Europe: implications for landscape management // *Journal of Environmental Management*. 2011. Vol. 92, No. 10. P. 2389-2402. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.06.028>.

36. Coogan S. C. P., Cannon A. J., Flannigan M. D. Lightning ignition efficiency in Canadian forests // *Fire Ecology*. 2025. Vol. 21. Art. 34. DOI: <https://doi.org/10.1186/s42408-025-00376-1>.

37. Morgan P., Moy M., Droske C. A. et al. Vegetation Response to Burn Severity, Native Grass Seeding, and Salvage Logging // *Fire Ecology*. 2015. Vol. 11. P. 31-58. DOI: <https://doi.org/10.4996/fireecology.1102031>.

38. Fernandez-Anez N., Krasovskiy A., Müller M. et al. Current Wildland Fire Patterns and Challenges in Europe: A Synthesis of National Perspectives // *Air, Soil and Water Research*. 2021. Vol. 14. DOI: <https://doi.org/10.1177/11786221211028185>.

39. Kreider M. R., Higuera P. E., Parks S. A. et al. Fire suppression makes wildfires more severe and accentuates impacts of climate change and fuel accumulation // *Nature Communications*. 2024. Vol. 15. Art. 2412. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-024-46702-0>.

40. Liang Y., Stamatis C., Fortner E. C. et al. Emissions of organic compounds from western US wildfires and their near-fire transformations // *Atmospheric Chemistry and Physics*. 2022. Vol. 22. P. 9877-9893. DOI: <https://doi.org/10.5194/acp-22-9877-2022>.

41. Permar W., Wang Q., Selimovic V. et al. Emissions of trace organic gases from Western US wildfires based on WE-CAN aircraft measurements // *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. 2021. Vol. 126, No. 11. Article e2020JD033838. DOI: <https://doi.org/10.1029/2020JD033838>.

42. Van der Velde I. R., Van der Werf G. R., Houweling S. et al. Vast CO₂ release from Australian fires in 2019-2020 constrained by satellite // *Nature*. 2021. Vol. 597. P. 366-369. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03712-y>.
43. D'Evelyn S. M., Jung J., Alvarado E. et al. Wildfire, Smoke Exposure, Human Health, and Environmental Justice Need to be Integrated into Forest Restoration and Management // *Current Environmental Health Reports*. 2022. Vol. 9. P. 366-385. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40572-022-00355-7>.
44. Basilio E., Chen R., Fernandez A. C., Padula A. M., Robinson J. F., Gaw S. L. Wildfire Smoke Exposure during Pregnancy: A Review of Potential Mechanisms of Placental Toxicity, Impact on Obstetric Outcomes, and Strategies to Reduce Exposure // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022. Vol. 19, No. 21. Art. 13727. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph192113727>.
45. Vasudeva S. P. Disastrous Forest Fires: Management and Control // *Indian Journal of Public Administration*. 2018. Vol. 64, No. 2. P. 237-253. DOI: <https://doi.org/10.1177/0019556117750900>.
46. Lentile L. B., Morgan P., Hudak A. T. et al. Post-Fire Burn Severity and Vegetation Response Following Eight Large Wildfires Across the Western United States // *Fire Ecology*. 2007. Vol. 3. P. 91-108. DOI: <https://doi.org/10.4996/fireecology.0301091>.
47. Pavlek K., Bišćević F., Furčić P. et al. Spatial patterns and drivers of fire occurrence in a Mediterranean environment: a case study of southern Croatia // *Geografisk Tidsskrift-Danish Journal of Geography*. 2017. Vol. 117, No. 1. P. 22-35. DOI: <https://doi.org/10.1080/00167223.2016.1266272>.
48. Clarke H., Nolan R. H., De Dios V. R. et al. Forest fire threatens global carbon sinks and population centres under rising atmospheric water demand // *Nature Communications*. 2022. Vol. 13. Art. 7161. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-022-34966-3>.
49. Kelley D. I., Gerard F., Dong N. et al. Fire, environmental and anthropogenic controls on pantropical tree cover // *Communications Earth & Environment*. 2024. Vol. 5. Art. 714. DOI: <https://doi.org/10.1038/s43247-024-01869-8>.

50. Pellegrini A. F. A., Refsland T., Averill C. et al. Decadal changes in fire frequencies shift tree communities and functional traits // *Nature Ecology & Evolution*. 2021. Vol. 5. P. 504-512. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41559-021-01401-7>.
51. Ibáñez T. S., Wardle D. A., Gundale M. J. et al. Effects of Soil Abiotic and Biotic Factors on Tree Seedling Regeneration Following a Boreal Forest Wildfire // *Ecosystems*. 2022. Vol. 25. P. 471-487. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10021-021-00666-0>.
52. Hewitt R. E., Hollingsworth T. N., Chapin F. S. III et al. Fire-severity effects on plant-fungal interactions after a novel tundra wildfire disturbance: implications for arctic shrub and tree migration // *BMC Ecology*. 2016. Vol. 16. Art. 25. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12898-016-0075-y>.
53. Jensen G. L., Knapp B. O., Cannon J. B. et al. Vegetation-fuel-fire feedbacks in patches of longleaf pine (*Pinus palustris* Mill.) regeneration // *Fire Ecology*. 2025. Vol. 21. Art. 15. DOI: <https://doi.org/10.1186/s42408-025-00355-6>.
54. Willson K. G., Hurteau M. D. Abiotic Factors Modify Ponderosa Pine Regeneration Outcomes After High-Severity Fire // *Ecosystems*. 2024. Vol. 27. P. 606-620. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10021-024-00911-2>.
55. Winters S. M., Van Diepen L. T. A. Ponderosa pine introduction methods following a high-severity stand-replacing fire to promote forest regeneration // *Fire Ecology*. 2023. Vol. 19. Art. 4. DOI: <https://doi.org/10.1186/s42408-022-00152-5>.
56. Singleton M. P., Thode A. E., Sánchez Meador A. J. et al. Moisture and vegetation cover limit ponderosa pine regeneration in high-severity burn patches in the southwestern US // *Fire Ecology*. 2021. Vol. 17. Art. 14. DOI: <https://doi.org/10.1186/s42408-021-00095-3>.
57. Haffey C., Sisk T. D., Allen C. D. et al. Limits to Ponderosa Pine Regeneration following Large High-Severity Forest Fires in the United States Southwest // *Fire Ecology*. 2018. Vol. 14. P. 143-163. DOI: <https://doi.org/10.4996/fireecology.140114316>.

58. Culbert S. G., Arthur M. A., Cotton C. A. et al. Higher severity fire increases the long-term competitiveness of pyrophytes in an upland oak-pine forest, Kentucky, USA // *Fire Ecology*. 2025. Vol. 21. Art. 1. DOI: <https://doi.org/10.1186/s42408-024-00340-5>.
59. Stoddard M. T., Huffman D. W., Fulé P. Z. et al. Forest structure and regeneration responses 15 years after wildfire in a ponderosa pine and mixed-conifer ecotone, Arizona, USA // *Fire Ecology*. 2018. Vol. 14. Art. 12. DOI: <https://doi.org/10.1186/s42408-018-0011-y>.
60. Harris L. B., Drury S. A., Taylor A. H. Strong Legacy Effects of Prior Burn Severity on Forest Resilience to a High-Severity Fire // *Ecosystems*. 2021. Vol. 24. P. 774-787. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10021-020-00548-x>.
61. Попович В. В. Пожежна небезпека стихійних сміттєзвалищ та полігонів твердих побутових відходів // *Пожежна безпека*. 2012. № 21. С. 140-147.
62. Попович В. В., Кучерявий В. П. Горіння полігонів твердих побутових відходів як загроза здоров'ю людини та фактор техногенного навантаження на довкілля // *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*. 2012. № 1. С. 162-166.
63. Що треба знати про отруєння чадним газом і як йому запобігти [Електронний ресурс] / Міністерство охорони здоров'я України. URL: <https://moz.gov.ua/uk/scho-treba-znati-pro-otruennja-chadnim-gazom-i-jak-jomu-zarobigti> (дата звернення: 04.06.2026).
64. Попович В. В., Кучерявий В. П. Вплив продуктів горіння полігонів твердих побутових відходів на організм людини та біоту // *Пожежна безпека*. 2012. № 20. С. 60-66.
65. Попович В. В. Терикони Нововолинського гірничопромислового району та їхній вплив на довкілля // *Науковий вісник НЛТУ України*. 2009. Т. 19, № 15. С. 136-140.
66. Skrobala V., Popovych V., Pinder V. Ecological patterns for vegetation cover formation in the mining waste dumps of the Lviv-Volyn coal basin // *Mining of*

Mineral Deposits. 2020. Vol. 14, No. 2. P. 119-127. DOI: <https://doi.org/10.33271/mining14.02.119>.

67. Попович В. В. Вплив кліматичних умов на розвиток рослинності техногенних ландшафтів Малого Полісся у зимовий період // Науковий вісник НЛТУ України. 2009. Т. 19, № 3. С. 37-42.

68. Skrobala V., Popovych V., Tyndyk O., Voloshchyshyn A. Chemical pollution peculiarities of the Nadiya mine rock dumps in the Chervonohrad Mining District, Ukraine // Mining of Mineral Deposits. 2022. Vol. 16, No. 4. P. 71-79. DOI: <https://doi.org/10.33271/mining16.04.071>.

69. Аналітична довідка про пожежі та їх наслідки в Україні за 12 місяців 2025 року [Електронний ресурс] / Державна служба України з надзвичайних ситуацій. URL: <https://dsns.gov.ua/upload/2/5/5/1/7/8/2/analitichna-dovidka-pro-rozezi-2025.pdf> (дата звернення: 04.06.2026).

70. За рік в Україні сталося майже 62 тисячі пожеж у природі: збитки перевищили 2 млрд грн [Електронний ресурс] / Екодія. URL: <https://ecoaction.org.ua/v-ukraini-stalosiya-majzhe-62000-pozhezh-u-prirody.html> (дата звернення: 04.06.2026).

71. Пацева І., Барабаш О., Мельник-Шамрай В., Пацева І. Екологічна оцінка впливу пожеж у природних екосистемах на стан екологічної безпеки Житомирської області // Проблеми хімії та сталого розвитку. 2023. № 3. С. 59-65. DOI: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-3-8>.

72. Сукач Р. Ю., Ковалишин В. В., Кирилів Я. Б. Застосування загороджувальних смуг для локалізації та гасіння пожеж у природних екосистемах, зокрема що зазнали впливу воєнних дій // Лісові пожежі в умовах війни : зб. тез доп. круглого столу. Львів, 2024. С. 26-31. URL: <https://sci.ldubgd.edu.ua/jspui/handle/123456789/13939> (дата звернення: 04.06.2026).

73. Товарянський В. І., Ренкас А. А. Аспекти прикордонної взаємодії пожежно-рятувальних підрозділів України та країн Європейського Союзу під

час ліквідації пожеж в природних екосистемах // Пожежна безпека. 2024. № 44. С. 62-69. DOI: <https://doi.org/10.32447/20786662.44.2024.07>.

74. Popovych V., Renkas A. Features of landscape fires occurrence (Based on the example of Lviv region of Ukraine) // *Ecologia Balkanica*. 2019. Vol. 11, No. 2. P. 99-111.

75. Renkas A., Popovych V., Rudenko D. Optimization of Fire Station Locations to Increase the Efficiency of Firefighting in Natural Ecosystems // *Environmental Research, Engineering and Management*. 2022. Vol. 78, No. 1. P. 97-104. DOI: <https://doi.org/10.5755/j01.arem.78.1.25581>.

76. Останні новини [Електронний ресурс] / Головне управління ДСНС України у Закарпатській області. URL: <https://zk.dsns.gov.ua/pres-centr/news/ostanni-novini> (дата звернення: 04.06.2026).

77. Шишканинець І. Ф. Вплив низової пожежі на природні букові лісостани Українських Карпат // *Науковий вісник НЛТУ України*. 2025. Т. 35, № 3. С. 48-55.

78. Moore P. F. Global Wildland Fire Management Research Needs // *Current Forestry Reports*. 2019. Vol. 5. P. 210-225. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40725-019-00099-y>.

79. Ghali R., Akhloufi M. A. Deep Learning Approaches for Wildland Fires Using Satellite Remote Sensing Data: Detection, Mapping, and Prediction // *Fire*. 2023. Vol. 6, No. 5. Art. 192. DOI: <https://doi.org/10.3390/fire6050192>.

80. Fares S., Bajocco S., Salvati L. et al. Characterizing potential wildland fire fuel in live vegetation in the Mediterranean region // *Annals of Forest Science*. 2017. Vol. 74. Art. 1. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13595-016-0599-5>.

81. Kreider M. R., Higuera P. E., Parks S. A. et al. Fire suppression makes wildfires more severe and accentuates impacts of climate change and fuel accumulation // *Nature Communications*. 2024. Vol. 15. Art. 2412. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-024-46702-0>.

82. Aquilué N., Fortin M. J., Messier C. et al. The Potential of Agricultural Conversion to Shape Forest Fire Regimes in Mediterranean Landscapes //

Ecosystems. 2020. Vol. 23. P. 34-51. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10021-019-00385-7>.

83. Hessburg P. F., Agee J. K., Franklin J. F. Dry forests and wildland fires of the inland Northwest USA: contrasting the landscape ecology of the pre-settlement and modern eras // *Forest Ecology and Management*. 2005. Vol. 211, No. 1-2. P. 117-139. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.02.016>.

84. Erdozain M., Cardil A., de Miguel S. Fire impacts on the biology of stream ecosystems: A synthesis of current knowledge to guide future research and integrated fire management // *Global Change Biology*. 2024. Vol. 30, No. 7. Article e17389. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.17389>.

85. Kreider M. R., Jaffe M. R., Berkey J. K. et al. The scientific value of fire in wilderness // *Fire Ecology*. 2023. Vol. 19. Art. 36. DOI: <https://doi.org/10.1186/s42408-023-00195-2>.

86. Plucinski M. P., Sullivan A. L. Methodologies for quantitatively comparing the effectiveness of chemical retardants for direct and indirect wildfire suppression using a combustion wind tunnel // *Fire Safety Journal*. 2024. Vol. 143. Art. 104056. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2023.104056>.

87. Anderson L. D., Dix B., Schnell J., Yokelson R., Veefkind J. P., Ahmadov R., de Gouw J. Analyzing the impact of evolving combustion conditions on the composition of wildfire emissions using satellite data // *Geophysical Research Letters*. 2023. Vol. 50, No. 23. Article e2023GL105811. DOI: <https://doi.org/10.1029/2023GL105811>.

88. Kantardzic M. *Data Mining: Concepts, Models, Methods, and Algorithms*. 3rd ed. Hoboken : Wiley-IEEE Press, 2020. 639 p.

89. Skrobala V. *Intelligent analysis of forestry information* // *Lucrări științifice*. Chișinău : Centrul Editorial al Universității Agrare de Stat din Moldova, 2010. Vol. 24, Pt. 2. P. 219-226.

90. Ellenberg H., Weber H. E., Düll R., Wirth V., Werner W., Paulißen D. *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa*. Göttingen : Verlag Erich Goltze KG, 1991. Vol. 18. 248 S.

91. Сорока М. І. Рослинність Українського Розточчя. Львів : Світ, 2008. 434 с.
92. Доповідь про стан навколишнього природного середовища Закарпатської області за 2023 рік. Ужгород : Департамент екології та природних ресурсів Закарпатської обласної військової адміністрації, 2024. 148 с.
93. Екологічний паспорт Закарпатської області. Ужгород : Департамент екології та природних ресурсів Закарпатської обласної військової адміністрації, 2024. 171 с.
94. Боголюбов В. М., Клименко М. О., Монін В. Б., Сафранов Т. А. Моніторинг довкілля. Херсон : Д. С. Грінь, 2011. 530 с.
95. Бондаренко Е. Л., Шевченко В. О., Остроух В. І. Геоінформаційні системи еколого-географічного картографування. Київ : Фітосоціоцентр, 2005. 116 с.
96. Бугай О. В., Бойчук Ю. І., Солошенко Е. С. Екологія і охорона навколишнього середовища. Київ : Університетська книга, 2016. 316 с.
97. Гамор Ф. Д., Довганич Я. О., Покиньючерда В. Ф. та ін. Праліси Закарпаття. Інвентаризація та менеджмент. Рахів, 2008. 86 с.
98. Генік Я. В. Трансформаційні процеси в порушених екосистемах Карпатського регіону України та їх фітомеліорація : автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук. Львів, 2014. 41 с.
99. Генсірук С. А., Нижник М. С., Копій Л. І. Ліси Західного регіону України. Львів : НТШ ; УкрДЛТУ, 1998. 407 с.
100. Гетьман В. І. Українські Карпати. Ландшафтно-рекреаційні ресурси. Тернопіль : Навчальна книга - Богдан, 2010. 136 с.
101. Гузь М. М., Дебринюк Ю. М., Гордієнко М. І., Маурер В. М. Лісові культури. Львів : Камула, 2005. 608 с.
102. Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року : Закон України від 28.02.2019 р. № 2697-VIII [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text> (дата звернення: 04.06.2026).

103. Про охорону навколишнього природного середовища : Закон України від 25.06.1991 р. № 1264-ХІІ [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text> (дата звернення: 04.06.2026).
104. Заячук В. Я. Дендрологія. Львів : Априорі, 2008. 656 с.
105. Зелена книга України / за ред. Я. П. Дідуха. Київ : Хімджест, 2009. 490 с.
106. Кузьмішина І. І. Флора і рослинність України : курс лекцій. Луцьк : ПП Іванюк В. П., 2016. 152 с.
107. Кобаль Й. Ужгород відомий та невідомий. Львів : Світ, 2008. 196 с.
108. Кучерявий В. П. Фітомеліорація. Львів : Світ, 2003. 540 с.
109. Маринич О. М., Шищенко П. Г. Фізична географія України. Київ : Знання, 2006. 511 с.
110. Петрушка І. М., Ріпак Н. С., Гивлюд А. М., Шибанова А. М. Екологія поверхневих вод. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2019. 156 с.
111. Програма охорони навколишнього природного середовища Закарпатської області на 2024-2027 роки [Електронний ресурс]. URL: https://ecozakarpat.gov.ua/?page_id=4820 (дата звернення: 04.06.2026).
112. Стойко С. М., Койнова І. Б. Сучасні види антропогенного впливу на життєве середовище // Український географічний журнал. 2012. № 1. С. 50-57.
113. Червона книга України. Рослинний світ / за ред. Я. П. Дідуха. Київ : Глобалконсалтинг, 2009. 900 с.
114. Криницький Г. Т. Про методику використання електрофізіологічних показників для визначення життєздатності деревних рослин // Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість. 1992. Вип. 23. С. 3-10.
115. Кузик А. Д. Еколого-лісівничі основи протипожежної безпеки в лісових насадженнях Малого Полісся : автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук. Львів, 2013. 40 с.
116. Dahanayake K. S., Chow C. L. Moisture Content, Ignitability, and Fire Risk of Vegetation in Vertical Greenery Systems // Fire Ecology. 2018. Vol. 14. P. 125-142. DOI: <https://doi.org/10.4996/fireecology.140112514>.

117. Restuccia F., Huang X., Rein G. Self-ignition of natural fuels: Can wildfires of carbon-rich soil start by self-heating? // *Fire Safety Journal*. 2017. Vol. 91. P. 828-834. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2017.03.052>.
118. Буц Ю., Некос А. Роль та місце постпірогенної релаксації у функціонуванні геосистем // *Вісник Львівського університету. Серія географічна*. 2013. Вип. 46. С. 55-61.
119. Capitanio R., Carcaillet C. Post-fire Mediterranean vegetation dynamics and diversity: a discussion of succession models // *Forest Ecology and Management*. 2008. Vol. 255, No. 3-4. P. 431-439. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.09.010>.
120. Ghermandi L., Guthmann N., Bran D. Early post-fire succession in northwestern Patagonia grasslands // *Journal of Vegetation Science*. 2004. Vol. 15. No. 1. P. 67-76. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2004.tb02238.x>.
121. Yassir I., Van der Kamp J., Buurman P. Secondary succession after fire in Imperata grasslands of East Kalimantan, Indonesia // *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2010. Vol. 137, No. 1-2. P. 172-182. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2010.02.001>.
122. De Luis M., Raventós J., González-Hidalgo J. C. Post-fire vegetation succession in Mediterranean gorse shrublands // *Acta Oecologica*. 2006. Vol. 30, No. 1. P. 54-61. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actao.2006.01.005>.
123. Keeley J. E., Fotheringham C. J., Baer-Keeley M. Determinants of postfire recovery and succession in mediterranean-climate shrublands of California // *Ecological Applications*. 2005. Vol. 15, No. 5. P. 1515-1534. DOI: <https://doi.org/10.1890/04-1005>.
124. Soares J. J., Souza M. H. A. O., Lima M. I. S. Twenty years of post-fire plant succession in a cerrado, São Carlos, SP, Brazil // *Brazilian Journal of Biology*. 2006. Vol. 66, No. 2B. P. 587-595. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1519-69842006000400003>.
125. Kavgacı A., Čarni A., Başaran S., Başaran M. A., Košir P., Marinšek A., Šilc U. Long-term post-fire succession of *Pinus brutia* forest in the east Mediterranean //

- International Journal of Wildland Fire. 2010. Vol. 19, No. 5. P. 599-605. DOI: <https://doi.org/10.1071/WF08044>.
126. Liu B., Liu G., Wang Z. Structure changes and succession dynamic of the natural secondary forest after severe fire interference // Journal of Forestry Research. 2009. Vol. 20, No. 2. P. 123-130. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11676-009-0022-2>.
127. Johnston J. D. Forest succession along a productivity gradient following fire exclusion // Forest Ecology and Management. 2017. Vol. 392. P. 45-57. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.02.050>.
128. Guo Q. Early post-fire succession in California chaparral: Changes in diversity, density, cover and biomass // Ecological Research. 2001. Vol. 16. P. 471-485. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1440-1703.2001.00410.x>.
129. Dawe D. A., Parisien M. A., Van Dongen A. et al. Initial succession after wildfire in dry boreal forests of northwestern North America // Plant Ecology. 2022. Vol. 223. P. 789-809. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11258-022-01237-6>.
130. Popovych V., Gapalo A. Monitoring of Ground Forest Fire Impact on Heavy Metals Content in Edafic Horizons // Journal of Ecological Engineering. 2021. Vol. 22, No. 5. P. 96-103. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/135872>.
131. Kipfer T., Moser B., Egli S. et al. Ectomycorrhiza succession patterns in Pinus sylvestris forests after stand-replacing fire in the Central Alps // Oecologia. 2011. Vol. 167. P. 219-228. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00442-011-1981-5>.
132. Tian J., Wang H., Vilgalys R. et al. Response of fungal communities to fire in a subtropical peatland // Plant and Soil. 2021. Vol. 466. P. 525-543. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-021-05070-0>.
133. Koponen S. Early succession of a boreal spider community after forest fire // The Journal of Arachnology. 2005. Vol. 33, No. 2. P. 230-235. DOI: <https://doi.org/10.1636/CT04-112.1>.
134. Кучерявий В. П. Фітомеліорація. Львів : Світ, 2003. 540 с.
135. Генік Я. В., Дида А. П. Рекультивация. Львів : ННВК «АТБ», 2019. 288 с.
136. Кучерявий В. П. Фітогенне поле і фітомеліорація: питання теорії та практики // Науковий вісник НЛТУ України. 2016. Вип. 26.7. С. 15-24.

137. Skrobala V., Popovych V., Ilyashevych M., Korol K., Renkas A., Popovych N., Wojko T. Forecasting post-fire dynamics of vegetation recovery in natural ecosystems // *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2025. Vol. 26, No. 8. P. 398-411. DOI: <https://doi.org/10.12912/27197050/208577>.
138. Kuzyk A., Lagno D., Popovych V., Ilyashevych M. Mathematical modeling of the development and extinguishing of forest fires in radionuclear contaminated areas // *Journal of Environmental Research, Engineering and Management*. 2025. Vol. 81, No. 4. P. 142-151. DOI: <https://doi.org/10.5755/j01.erem.81.4.42339>.
139. Ляшевич М. М., Шуплат Т. І. Вплив пожеж на лісові екосистеми Закарпатської області // *Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування : матеріали VIII Міжнародного молодіжного конгресу, Львів, 02-03 березня 2023 р. Львів : Національний університет «Львівська політехніка», 2023. С. 52.*
140. Ляшевич М. М., Шуплат Т. І. Проблема знищення лісових ресурсів України внаслідок військових дій // *Відновлення довкілля України внаслідок збройної агресії росії : зб. тез доп. круглого столу, Львів, 17 березня 2023 р. Львів, 2023. С. 29-33.*
141. Ляшевич М. М., Шуплат Т. І. Екологічні наслідки пожеж в лісових екосистемах, спричинених військовими діями, як прояв екоциду // *Лісові пожежі в умовах війни : зб. тез доп. круглого столу, Львів, 24 травня 2024 р. Львів, 2024. С. 18-20.*
142. Дочинець В. В., Ляшевич М. М., Попович В. В. Флористична та екологічна структура рослинного покриву полігонів твердих побутових відходів Закарпатської області // *International Scientific Conference, Riga, December 25-26, 2024. Riga, 2024. P. 17-21. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-521-1-4>.*
143. Ляшевич М. М., Шуплат Т. І., Попович В. В. Експрес-діагностика рівня життєвості деревних насаджень постпірогенних територій Закарпатської області за допомогою електрофізіологічних методів // *Проблеми та перспективи розвитку безпеки життєдіяльності в умовах війни : зб. наук. праць XXI*

Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, курсантів та студентів. Львів : ЛДУБЖД, 2026. С. 809-815.

144. Іляшевич М., Шуплат Т., Попович В. Особливості пожеж у природних екосистемах Закарпатської низовини та їх наслідки // Цивільний захист в умовах війни : зб. тез доп. II Міжнародної науково-практичної конференції, Львів, 15 квітня 2026 р. Львів : ЛДУБЖД, 2026. С. 236-238.

145. Попович В. В., Кучерявий В. П., Скиба Т. К., Бойко Т. В., Дочинець В. В., Іляшевич М. М., Кіт О. Ю., Попович Н. П., Коваль В. В. Пристрій для вимірювання щільності ґрунту : пат. 162515 Україна, МПК G01N 9/36. № u202504363 ; заявл. 08.09.2025 ; опубл. 01.04.2026, Бюл. № 13.

146. Попович В. В., Кучерявий В. П., Скиба Т. К., Бойко Т. В., Дочинець В. В., Іляшевич М. М., Кіт О. Ю., Кочмар І. М., Федів І. С., Скробала В. М. Пристрій для вимірювання липкості ґрунту : пат. 162516 Україна, МПК G01N 9/36. № u202504365 ; заявл. 08.09.2025 ; опубл. 01.04.2026, Бюл. № 13.

147. Іляшевич М. М. Екологічна оцінка фітомеліоративної ефективності територій порушеними пожежами в природних екосистемах. *Екологічні науки*. 2026. 3(66). С. 99-106. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2026.eco.3-66.13>

148. Іляшевич М. М. Особливості впливу пожеж у Карпатському лісогосподарському районі на довкілля. *Біологічні, хімічні та екологічні загрози під час війни: колективна монографія*. Львів: ЛДУБЖД, 2026. С. 52-60.

ДОДАТКИ

Додаток А. Приклади найбільших пожеж у природних екосистемах Закарпатської низовини

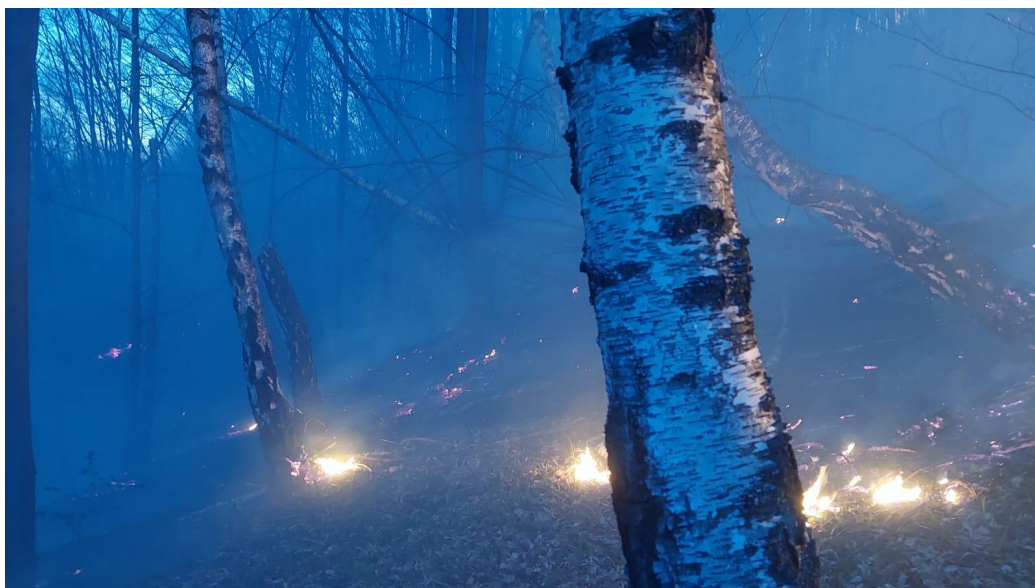
Додаток А1. Загорання сухої трави та чагарників на відкритій території

15.03.2026 р. о 11 год. 44 хв. загорання сухої трави та чагарників на відкритій території, за адресою: Ужгородський р-н, Середнянська ТГ, с. Вовкове, б/н. Пожежею знищено суху траву та чагарники на площі 25 Га. Причина пожежі та збитки встановлюються. До гасіння залучалась 1 АЦ 3 ДПРЧ м. Ужгород, 2 АЦ 5 ДПРЧ с-ще Середнє, АШ ОКЦ та 1 АЦ МПК с. Малі Геївці.



Додаток А2. Загорання сухої трави, чагарників та лісової підстилки

07.04.2026 о 15 год. 03 хв. загорання сухої трави, чагарників та лісової підстилки на території Дубриницько-Малоберезнянської ТГ, за адресою: Ужгородський р-н, с. Черногорова, б/н. Пожежею знищено суху траву, чагарники та лісову підстилку на площі 6,5 Га. До гасіння залучались 2 АЦ 8 ДПРЧ с-ща В.Березний, 2 АЦ 7 ДПРЧ м. Перечин, 7 чол. Черногोलівського лісництва та 4 чол. місцевого населення.





Додаток А3. Загорання сухої трави, чагарників та лісової підстилки (ліс)

10.03.2025 р. о 14 год. 45 хв. загорання лісової підстилки, сухої трави та чагарників на відкритій території, за адресою: Ужгородський р-н, Ставенська ТГ, с. Волосянка, ур. Щербин. Пожежею знищено лісову підстилку на площі 3 Га, суху траву та чагарники на площі 3,8 Га. Причина пожежі та збитки встановлюються. До гасіння залучались 2 АЦ 8 ДПРЧ с-ща В. Березний, 1 АШ ОКЦ, 5 чол. о/с 3 ДПРЧ, 5 чол. о/с 4 ДПРЧ та 8 чол. о/с, 1 од. тех. АРВ АРЗ СП.









Додаток А4. Загорання лісової підстилки та чагарників на території Майданського лісництва

01.05.2025 р. о 16 год. 07 хв. загорання лісової підстилки та чагарників на території Майданського лісництва, Міжгірського надлісництва філії «Карпатський лісовий офіс», квартал 6, виділ 35-36, за адресою: Хустський р-н, Міжгірська ТГ, с. Майдан, урочище Рудавець. Пожежею знищено лісову підстилку та чагарники на площі 12 Га. Причина пожежі та збитки встановлюються. До гасіння залучались 1 АЦ 16 ДПРЧ с-ща Міжгір'я та АШ ОКВ м. Хуст.







**Додаток А5. Хронологія лісової пожежі на території Ужгородського ЛГ,
гора «Савчин»**

- 11.08.2022 р. о 16 год. 30 хв. лісова пожежа на території Ужгородського ЛГ, гора «Савчин», за адресою: Ужгородський р-н., Великоберезнянська ТГ, між с. Бегендяцька Пастіль та с. Костева Пастіль. Площа пожежі встановлюється. Залучено 20 працівників лісової охорони та 20 чоловік місцевого населення, 2 од. тех, площа пожежі встановлюється, підрозділи ДСНС не залучаються.
- 11.08.2022 о 19 год. 40 хв. уточнена інформація по лісовій пожежі на горі "Савчин": загорання лісової підстилки та молодого лісу на площі орієнтовно 0,5 Га. (кв. 4, виділ 9).
- 12.08.2022 о 02 год. 20 хв. уточнена інформація по лісовій пожежі на горі "Савчин" : площа пожежі складає орієнтовно від 5 до 10 Га, залучено 30 працівників лісової охорони, 2 АЦ 8 ДПРЧ та 17 чол.о/с (ДСНС).
- 12.08.2022 о 04 год. 50 хв. на місце пожежі лісової підстилки на горі "Савчин" залучено МОГ ГУ ДСНС.
- 12.08.2022 о 08 год. 25 хв. залучено 1 АЦ 4 ДПРЧ м. Ужгород.
- 12.08.2022 о 08 год. 35 хв. залучено 1 АЦ 7 ДПРЧ м. Перечин.
- 12.08.2022 о 08 год. 35 хв. залучено о/с АРЗ СП м. Ужгород.
- 12.08.2022 о 09 год. 00 хв. площа пожежі складає орієнтовно 20 Га.
- 12.08.2022 о 09 год. 11 хв. на лісову пожежу залучено 2 од. АН -32П.
- 12.08.2022 о 09 год. 30 хв. додатково до гасіння пожежі залучено 60 чол. о/с лісової охорони та 3 од. тех.
- 12.08.2022 о 11 год. 15 хв. до гасіння пожежі залучено 2 од. Мі-8.
- 12.08.2022 о 12 год. 05 хв. залучено бульдозер Ужгородського ЛГ.
- 12.08.2022 о 12 год. 50 хв. площа пожежі складає орієнтовно 63 Га, додатково залучено 72 працівників лісової охорони.
- 12.08.2022 о 12 год. 50 хв. за вказівкою КЛГП створено 5 од.
- 12.08.2022 о 14 год. 50 хв. розгортання наметового містечка.

- 12.08.2022 о 15 год. 00 хв. залучено ГПРЧ АРЗ СП м. Ужгород 10 чол. о/с та 2 од. тех.
- 12.08.2022 о 15 год. 00 хв. авіацією ДСНС здійснено 32 скиди води (151т).
- 12.08.2022 о 15 год. 01 хв. прибуття голови Ужгородської РДА.
- 12.08.2022 о 15 год. 20 хв. площа пожежі складає орієнтовно 78 Га.
- 12.08.2022 о 15 год. 20 хв. на гасіння залучено: ДСНС - 101 чол.о/с, 17 од. тех., 2 літаки АН -32П та 2 гелікоптери Мі-8, ЛГ 72 чол. о/с та 3 од.тех..
- 12.08.2022 о 16 год. 10 хв. прибуття Червого хреста 5 чол. о/с., 2 тех., 1 палатка.
- 12.08.2022 о 16 год. 25 хв. пожежу локалізовано на площі 90 Га.
- 12.08.2022 о 17 год. 00 хв. за рішення голови РДА створено штаб НС.
- 12.08.2022 о 18 год. 00 хв. залучено 29 чол. о/с, 1 од.тех. Національної гвардії та 5 чол. о/с лісового господарства.
- 12.08.2022 о 18 год. 19 хв. на гасіння залучено: ДСНС - 101 чол.о/с, 17 од. тех., 2 літаки АН - 32П та 2 гелікоптери Мі-8, ЛГ - 72 чол. о/с та 3 од.тех., Червоний хрест - 5 чол. о/с та 1 од.тех, Національна гвардія - 29 чол.о/с та 1 од.тех., Загалом: 212 чол.о/с, 23 од.тех., 2 АН 32П, 2 Мі-8.
- 12.08.2022 о 18 год. 23 хв. пожежу погашено на 2-х од., на 3 од. продовжується гасіння.
- 12.08.2022 о 18 год. 55 хв. закінчені польоти авіації ДСНС, здійснено скидів води на лісову пожежу АН-32П (16 скидів) та 2 Мі-8 (43 скидів).
- 12.08.2022 о 19 год. 00 хв. залучено 24 чол. о/с Чопського прикордонного загону.
- 12.08.2022 о 19 год. 13 хв. додатково до гасіння пожежі залучено 23 чол. о/с лісової охорони.
- 12.08.2022 о 19 год. 14 хв. на гасіння залучено: ДСНС - 101 чол.о/с, 17 од. тех., ЛГ - 100 чол. о/с та 3 од.тех., Національна гвардія - 29 чол.о/с та 1 од.тех, Чопський прикордонний загін 24 чол. о/с. Загалом: 259 чол.о/с, 29 од.тех., 2 АН 32П, 2 Мі-8.

- 12.08.2022 о 20 год. 10 хв. додатково до гасіння пожежі залучено 4 чол. о/с ГУ ДСНС.
- 12.08.2022 о 22 год. 00 хв. на місце пожежі прибув заступник начальника управління - начальник відділу організації пожежно-рятувальних робіт управління організації пожежно-рятувальних робіт, служби та підготовки підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту Департаменту реагування на надзвичайні ситуації Ковган В.В. та Т.в.о. начальника Головного управління Ціцей В.І.
- 13.08.2022 о 08 год. 00 хв. додатково до гасіння пожежі залучено 40 чол. о/с. та 1 од.тех ГУ ДСНС.
- 13.08.2022 о 08 год. 40 хв. для проведення аеророзвідки залучено Єврокоптер авіації ДСНС.
- 13.08.2022 о 10 год. 16 хв. для гасіння пожежі залучено 2 гелікоптери Мі-8.
- 13.08.2022 о 11 год. 11 хв. для гасіння пожежі залучено 2 літаки АН 32П.
- 13.08.2022 о 14 год. 55 хв. закінчені польоти авіації ДСНС, здійснено скидів води на лісову пожежу АН-32П (4 скиди) та 2 Мі-8 (10 скидів).
- 13.08.2022 о 16 год. 25 хв. пожежу ліквідовано.









Додаток Б. Звіт про результати дослідження патологічного (біологічного матеріалу) об'єктів навколишнього середовища

ЗВІТ ПРО РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ № 001816 п.м./25



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З ПИТАНЬ БЕЗПЕЧНОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ТА ЗАХИСТУ СПОЖИВАЧІВ ЗАКАРПАТСЬКА РЕГІОНАЛЬНА ДЕРЖАВНА ЛАБОРАТОРІЯ ДЕРЖПРОДСПОЖИВСЛУЖБИ

88015 м. Ужгород, вул. Минайська, 39 тел.: (0312) 64-71-98 E-mail:uzhvetlab@ukr.net

Випробувальний центр Закарпатської регіональної державної лабораторії
Держпродспоживслужби

Місце проведення випробувань:
88015, м. Ужгород, вул. Минайська, буд. 39

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. директора Закарпатської регіональної
державної лабораторії
Держпродспоживслужби

Сергій КЕПЕНАЧ
« 23 » червня 2025 р.

Звіт про результати дослідження патологічного/біологічного матеріалу/об'єктів навколишнього середовища

№ 001816 п.м./25

від «23» червня 2025 р.

Дочинець Василь Васильович
Закарпатська область, м. Ужгород, вул. Тлехаса, 14, кв. 9
№ 4 від 04.06.2025 р.
04.06.2025 р. об 09 год. 28 хв.

Кому:
Адреса:
Супровідна:
Дата отримання матеріалу:
Перелік матеріалу, що надіслано на
випробування (стан, опис зразку):
Належать:
Проведено випробування:
Дата проведення випробувань:

сім зразів ґрунту
ліс с. Р. Комарівці Ужгородського району Закарпатської області
Фізико-хімічні випробування
04.06.2025 р. - 23.06.2025 р.

Результати випробувань:

001816п.м./1/25-Ґрунт (власник ліс с. Р. Комарівці Ужгородського району, місце вілбору Північ)

Назва показника/ захворювання	МДР за нормативними документами*	Результати випробувань	Метод/позначення НД на метод випробувань	Невизначеність вимірювання
Вміст рухомих сполук фосфору, мг/кг	фактичний показник	8,7	спектрофотометричний [ДСТУ 4405:2005]	± 0,7
Вміст нітратного азоту, мг/кг	фактичний показник	≤ 2,8	потенціометричний [ПВ 7.2-51]	Не визначалась

001816п.м./2/25-Ґрунт (власник ліс с. Р. Комарівці Ужгородського району, місце вілбору Центр)

Назва показника/ захворювання	МДР за нормативними документами*	Результати випробувань	Метод/позначення НД на метод випробувань	Невизначеність вимірювання
Вміст рухомих сполук фосфору, мг/кг	фактичний показник	7,5	спектрофотометричний [ДСТУ 4405:2005]	± 0,1
Вміст нітратного азоту, мг/кг	фактичний показник	≤ 2,8	потенціометричний [ПВ 7.2-51]	Не визначалась

001816п.м./3/25-Ґрунт (власник ліс с. Р. Комарівці Ужгородського району, місце вілбору Захід)

Назва показника/ захворювання	МДР за нормативними документами*	Результати випробувань	Метод/позначення НД на метод випробувань	Невизначеність вимірювання
Вміст рухомих сполук фосфору, мг/кг	фактичний показник	8,7	спектрофотометричний [ДСТУ 4405:2005]	± 0,6
Вміст нітратного азоту, мг/кг	фактичний показник	≤ 2,8	потенціометричний [ПВ 7.2-51]	Не визначалась

ФСУ 7.8/05-1 (Версія 2 від 15.08.2024 р.)

Сторінка 1 з 2

001816п.м./4/25-Грунт (власник ліс с. Р. Комарівці Ужгородського району, місце відбору Південь)

Назва показника/ захворювання	МДР за нормативними документами*	Результати випробувань	Метод/позначення НД на метод випробувань	Невизначеність вимірювання
Вміст рухомих сполук фосфору, мг/кг	фактичний показник	16,2	спектрофотометричний [ДСТУ 4405:2005]	± 1,8
Вміст нітратного азоту, мг/кг	фактичний показник	≤ 2,8	потенціометричний [ПВ 7.2-51]	Не визначалась

001816п.м./5/25-Грунт (власник ліс с. Р. Комарівці Ужгородського району, місце відбору Схід)

Назва показника/ захворювання	МДР за нормативними документами*	Результати випробувань	Метод/позначення НД на метод випробувань	Невизначеність вимірювання
Вміст рухомих сполук фосфору, мг/кг	фактичний показник	14,9	спектрофотометричний [ДСТУ 4405:2005]	± 1,6
Вміст нітратного азоту, мг/кг	фактичний показник	3,35	потенціометричний [ПВ 7.2-51]	± 0,1

001816п.м./6/25-Грунт (власник ліс с. Р. Комарівці Ужгородського району, місце відбору Контроль)

Назва показника/ захворювання	МДР за нормативними документами*	Результати випробувань	Метод/позначення НД на метод випробувань	Невизначеність вимірювання
Вміст рухомих сполук фосфору, мг/кг	фактичний показник	8,0	спектрофотометричний [ДСТУ 4405:2005]	± 0,7
Вміст нітратного азоту, мг/кг	фактичний показник	≤ 2,8	потенціометричний [ПВ 7.2-51]	Не визначалась

001816п.м./7/25-Грунт (власник ліс с. Р. Комарівці Ужгородського району, місце відбору Північ)

Назва показника/ захворювання	МДР за нормативними документами*	Результати випробувань	Метод/позначення НД на метод випробувань	Невизначеність вимірювання
Вміст рухомих сполук фосфору, мг/кг	фактичний показник	9,8	спектрофотометричний [ДСТУ 4405:2005]	± 0,7
Вміст нітратного азоту, мг/кг	фактичний показник	4,15	потенціометричний [ПВ 7.2-51]	± 0,1

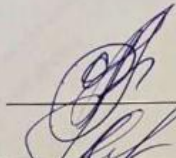
Результати випробувань стосуються зразку, що пройшов випробування.

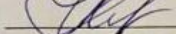
Цей Звіт про результати дослідження не може бути відтворений, тиражований та розповсюджений, повністю чи частково, як офіційний документ без дозволу керівництва лабораторії.

Відповідальні виконавці:

Завідувач відділом - лікар ветеринарної медицини
відділу реєстрації зразків патологічного/біологічного
матеріалу та оформлення документів

Т.в.о. завідувач відділу - лікар ветеринарної медицини
хіміко-токсикологічного відділу

 Оксана АНДРІЄНКО

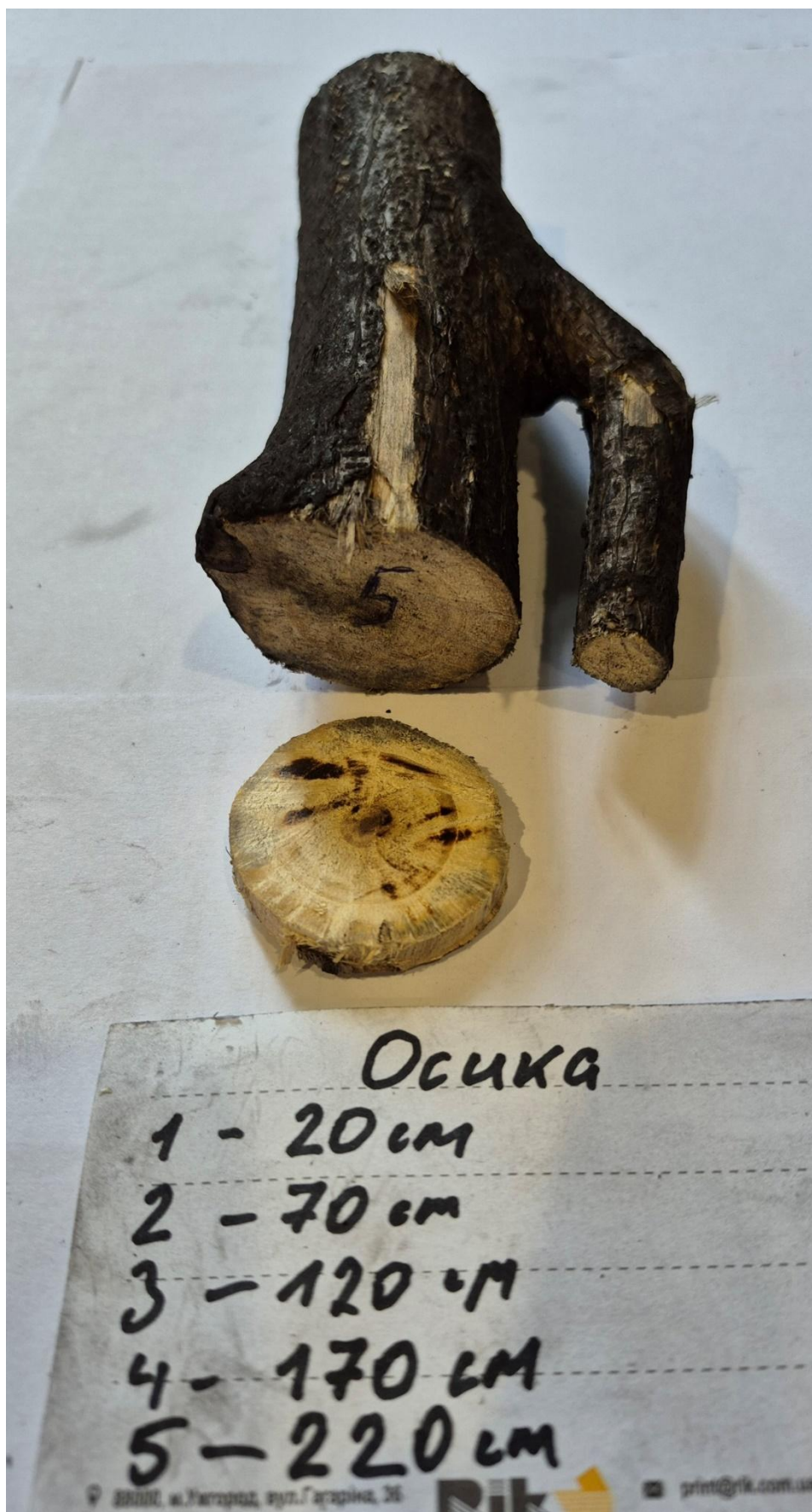
 Марта КРУЛКЕВИЧ

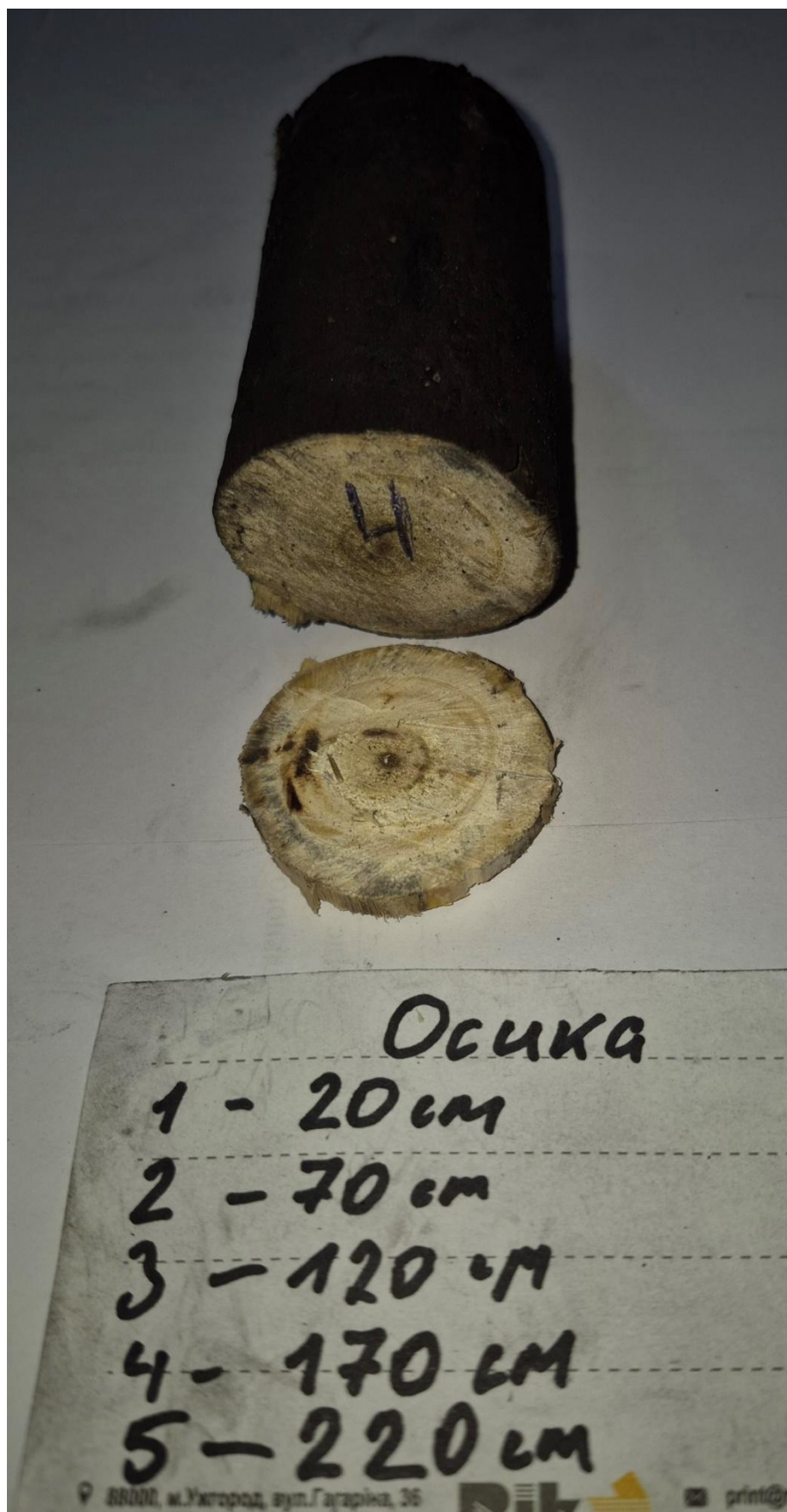
Завершення звіту про результати досліджень: №001816 п.м./25

Додаток В. Фотозвітність проведення експериментальних досліджень у Науково-дослідній лабораторії пожежної безпеки

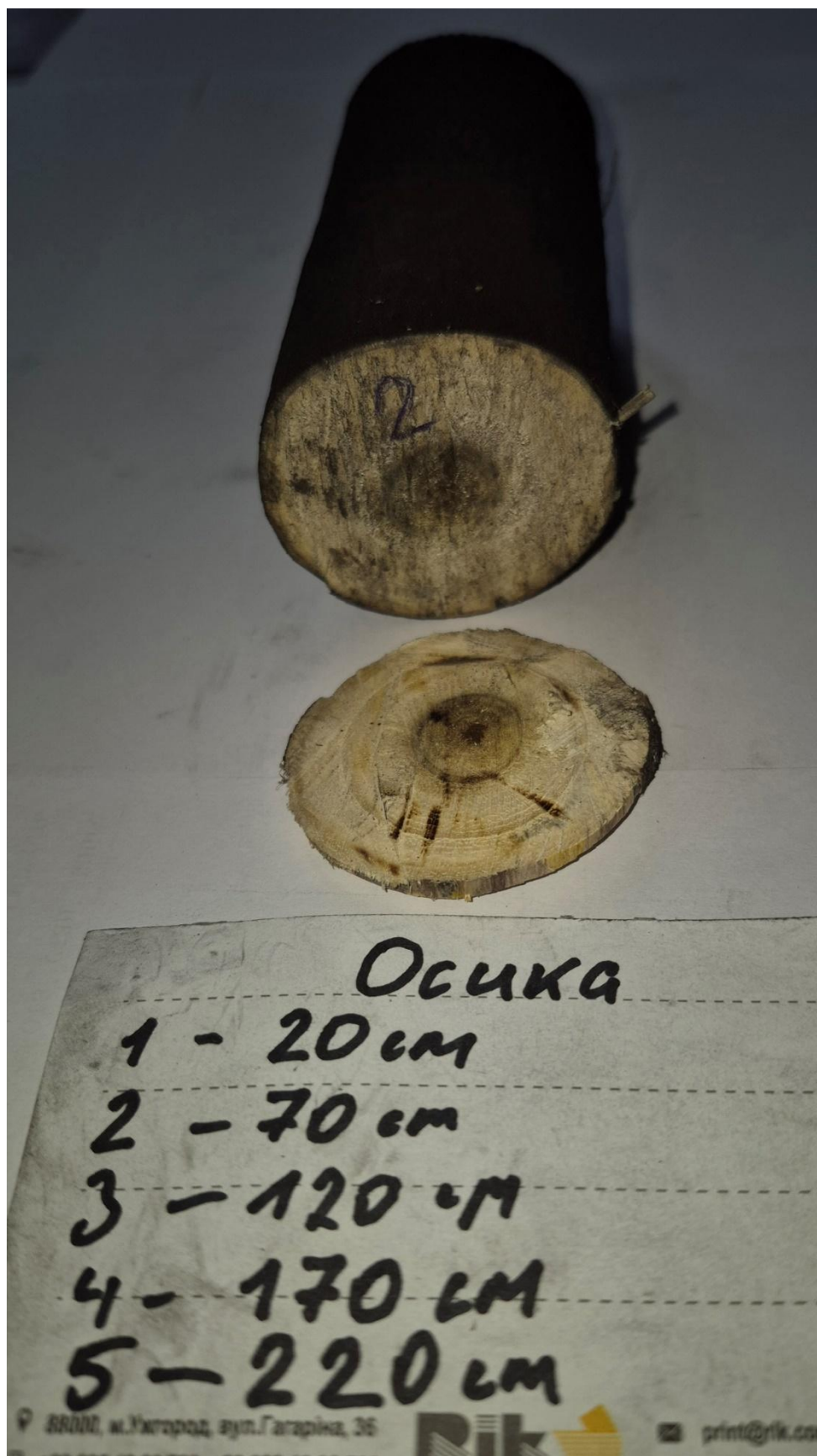








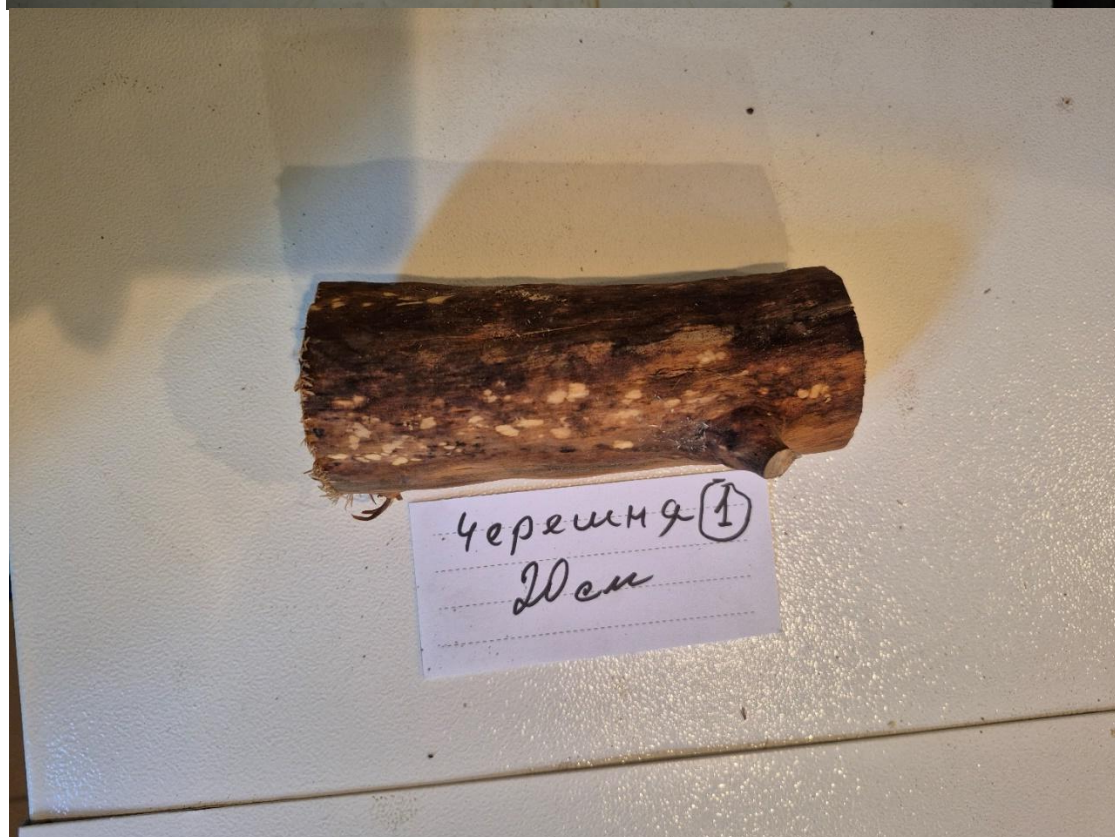


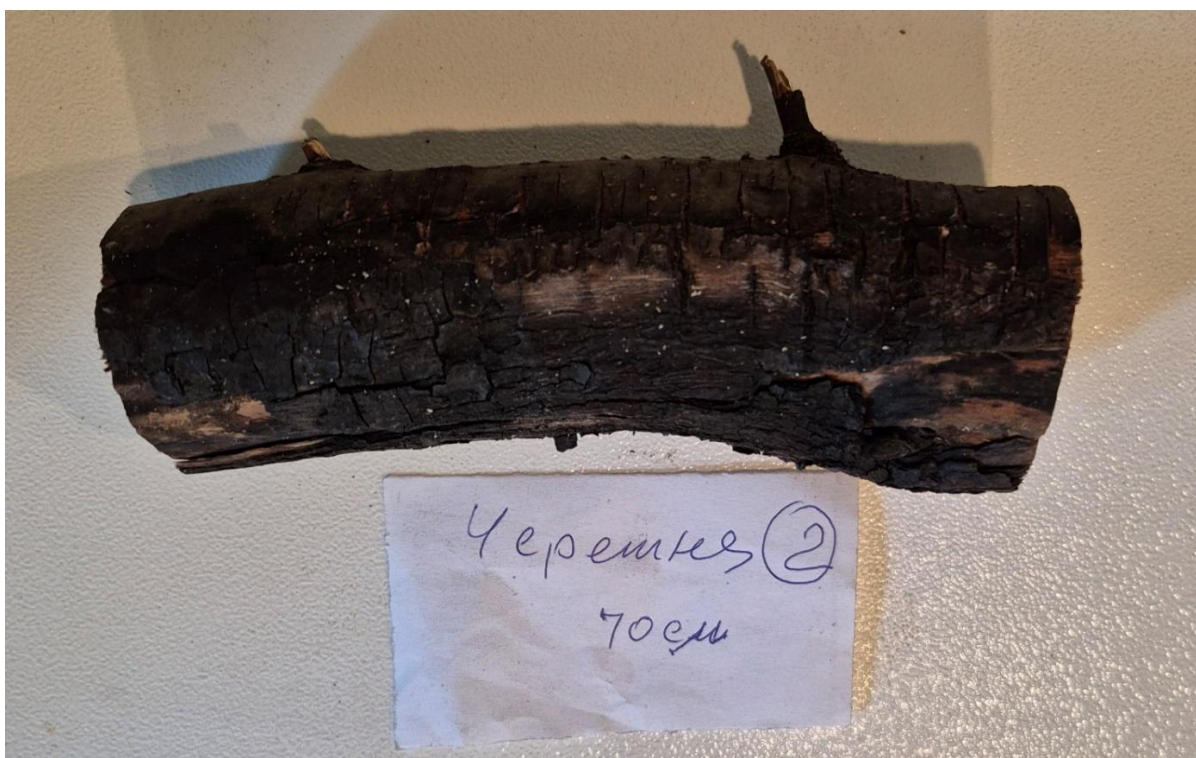




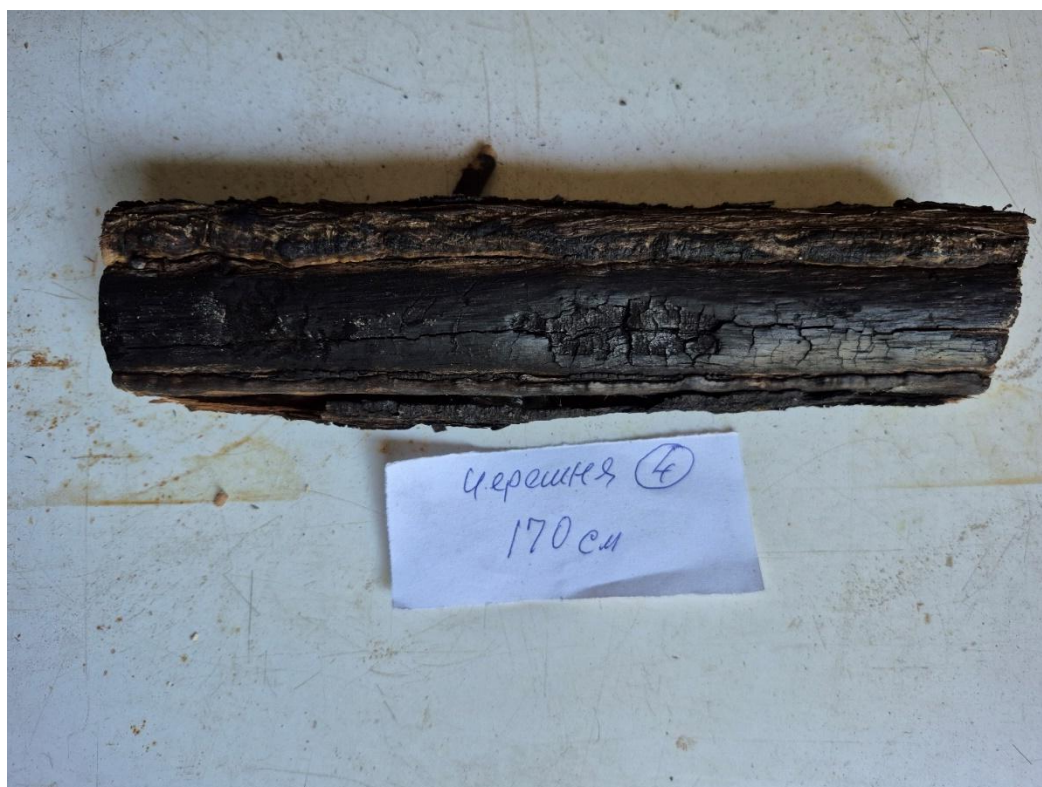


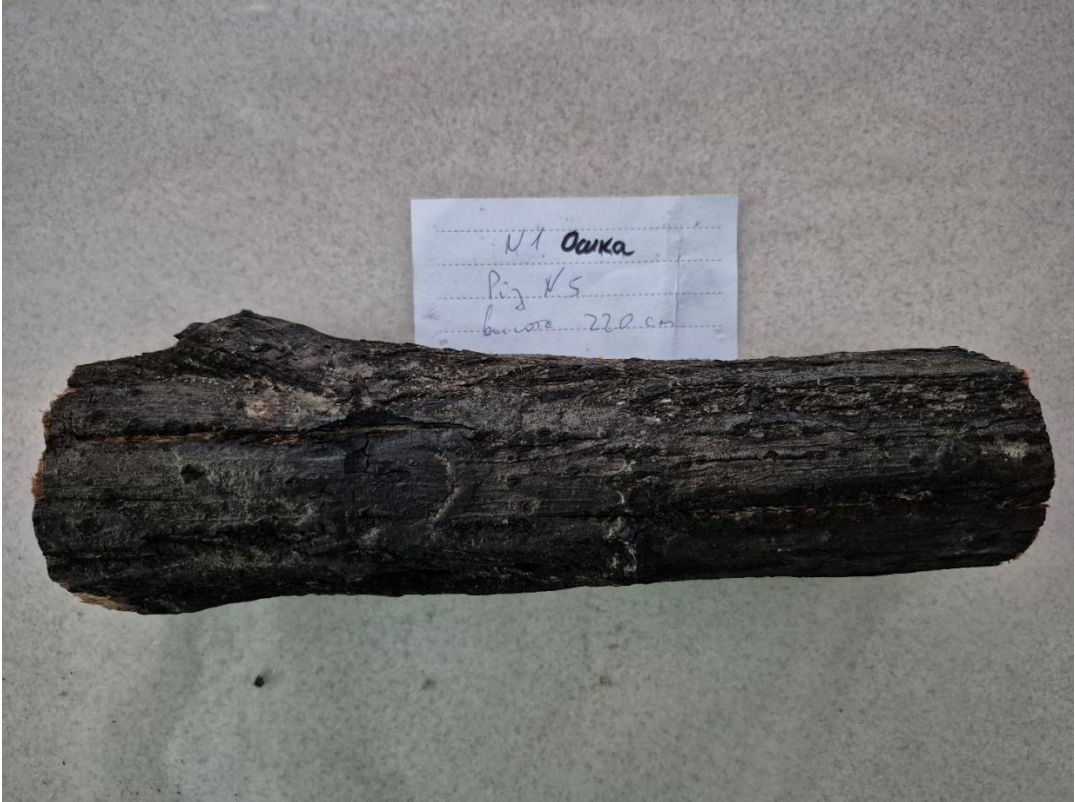


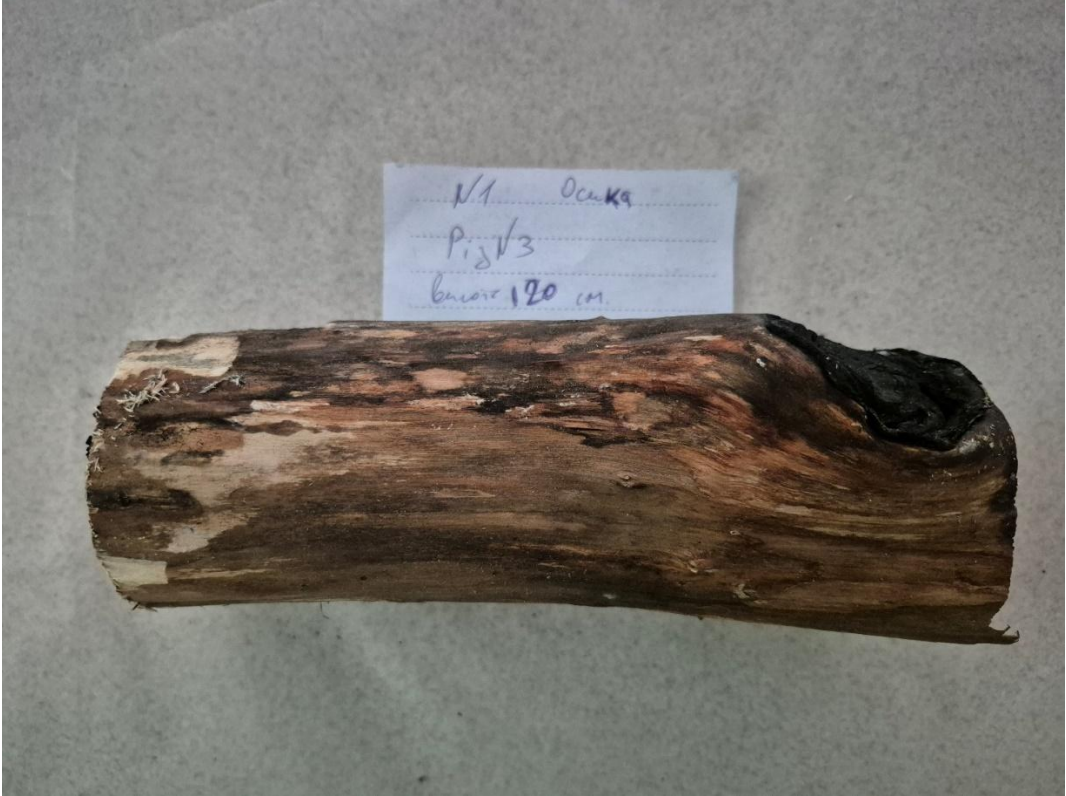
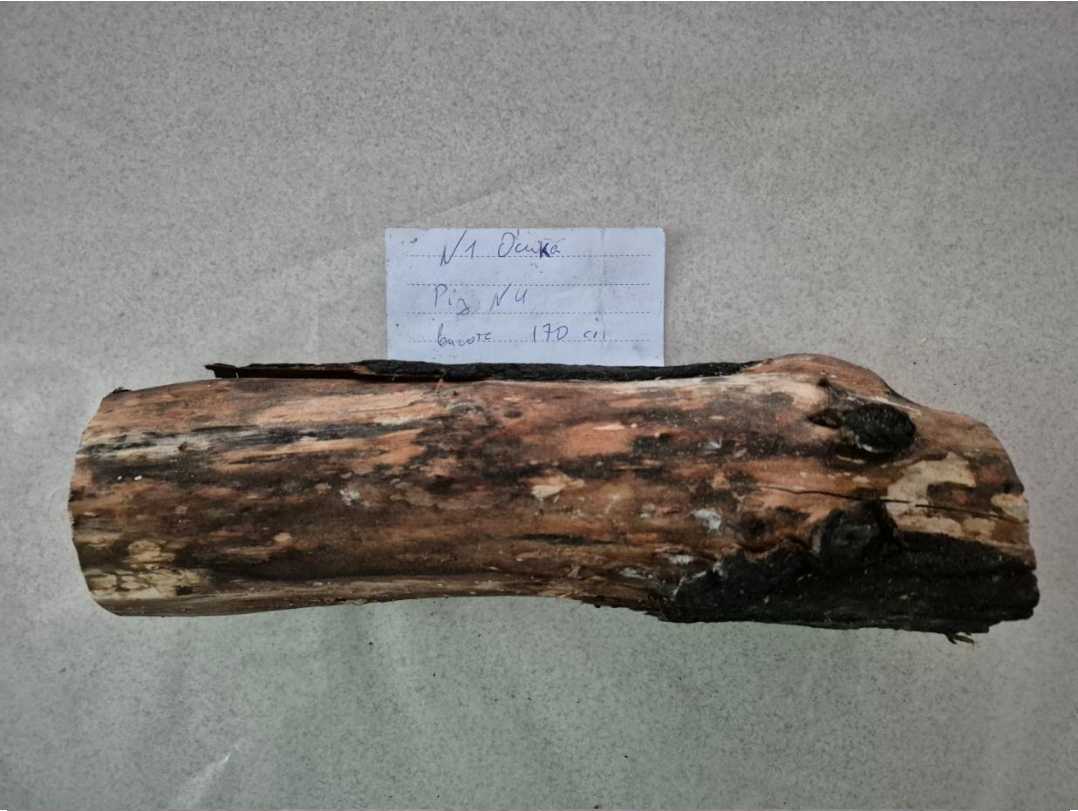


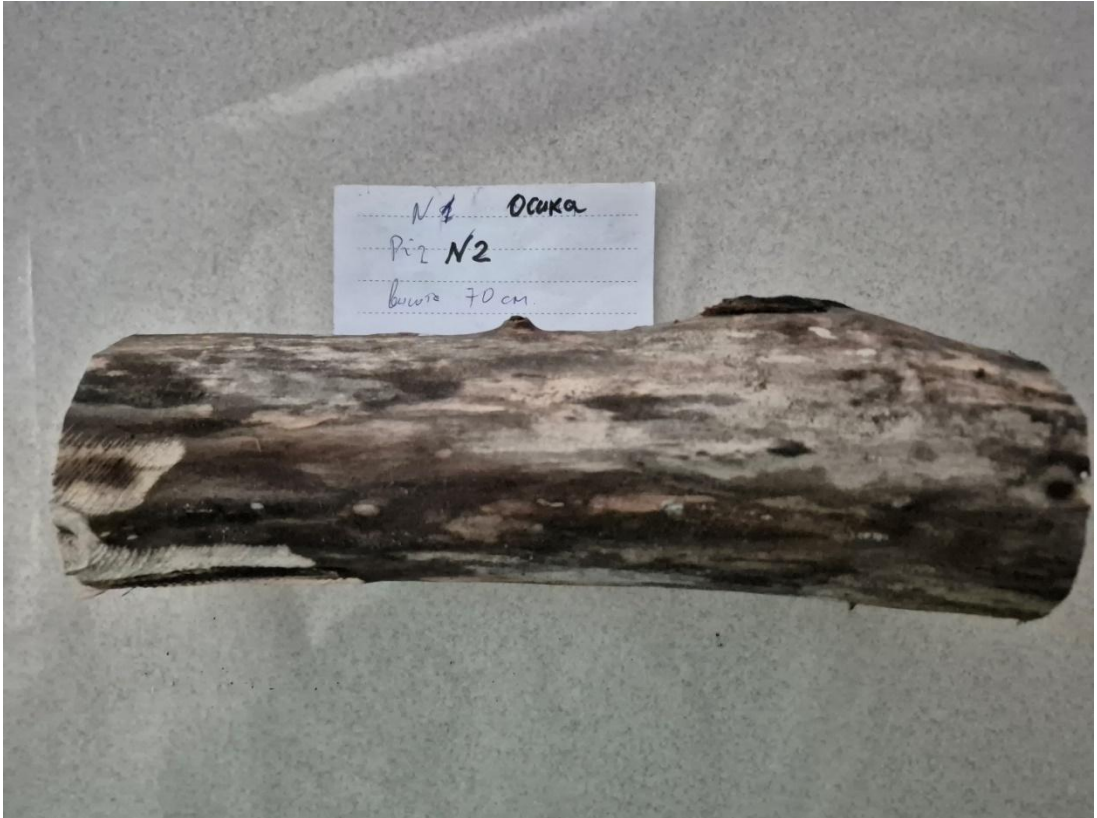




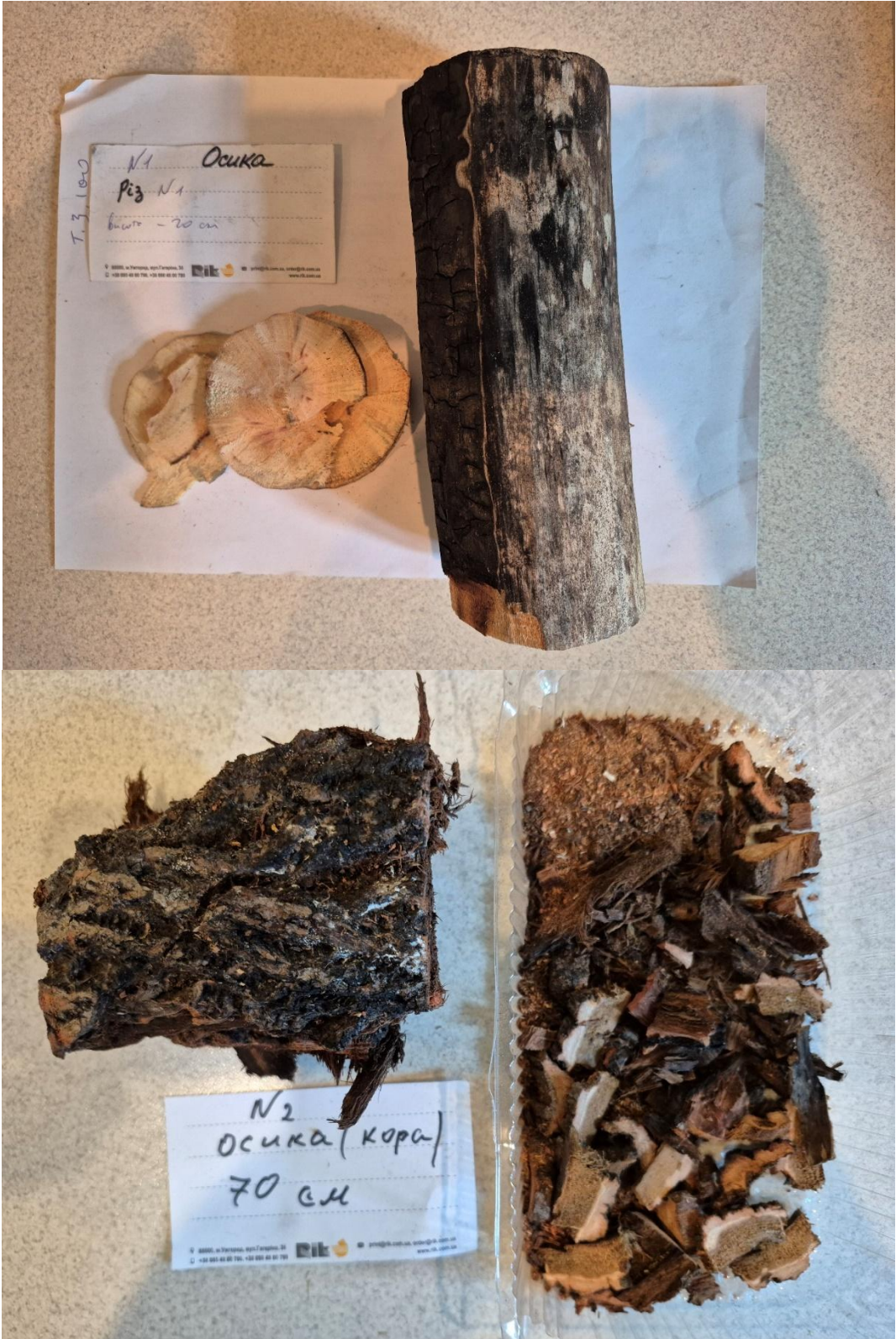




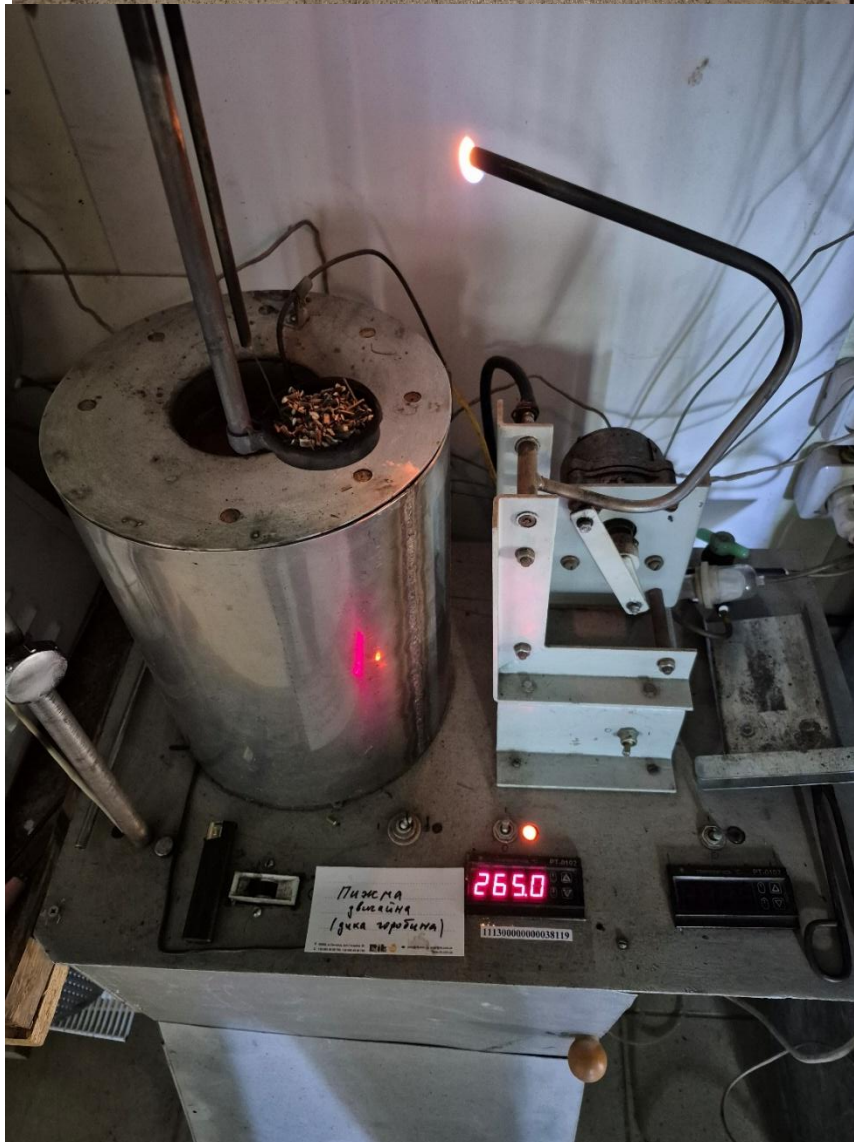
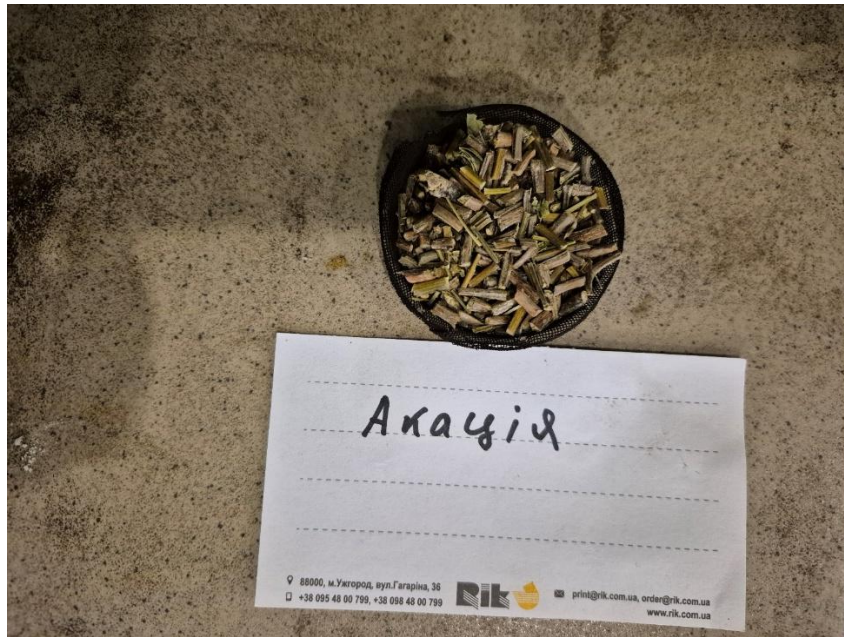


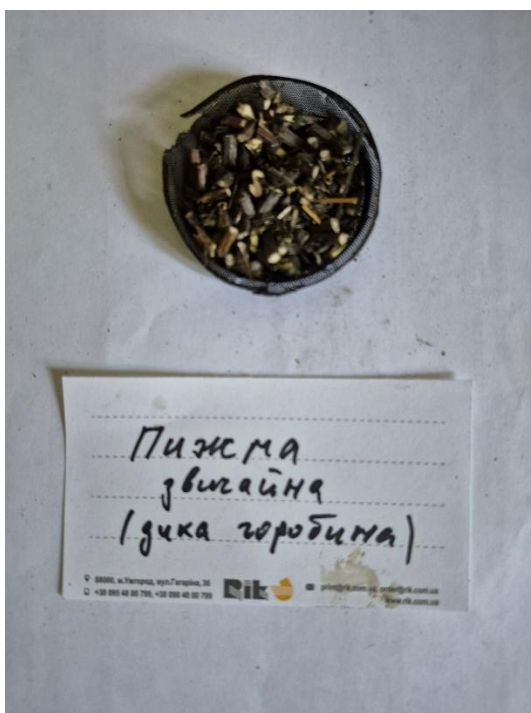


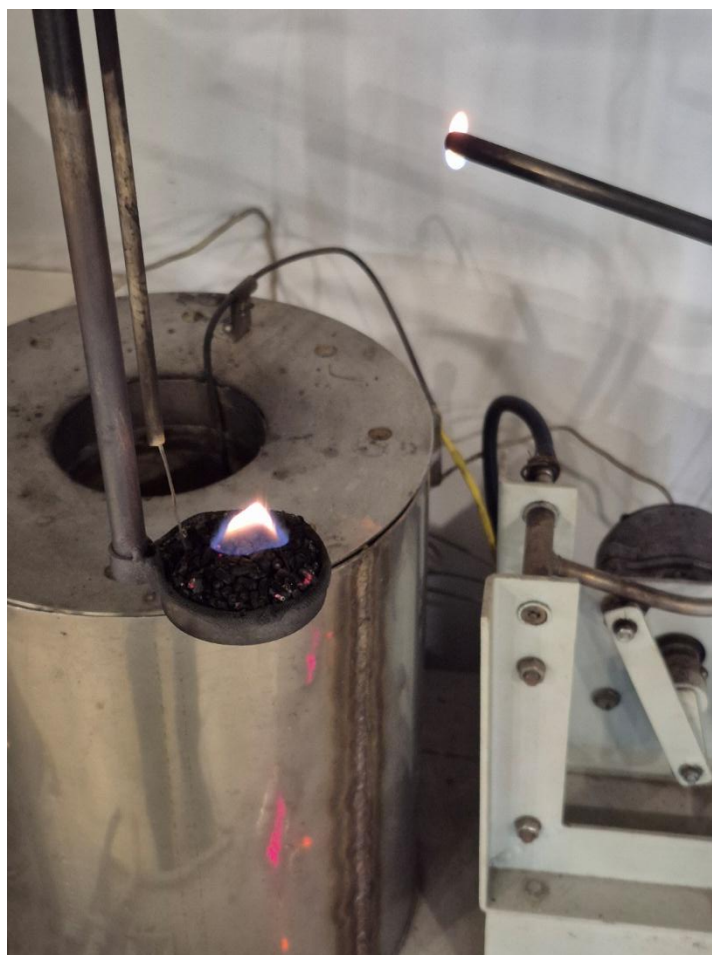






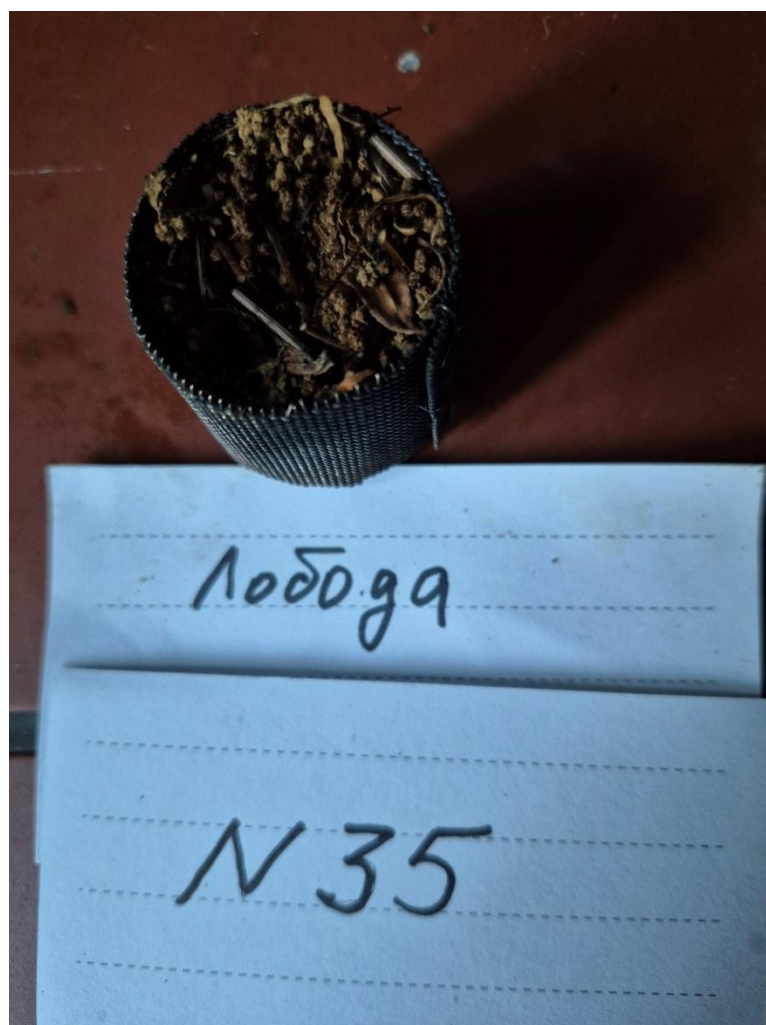


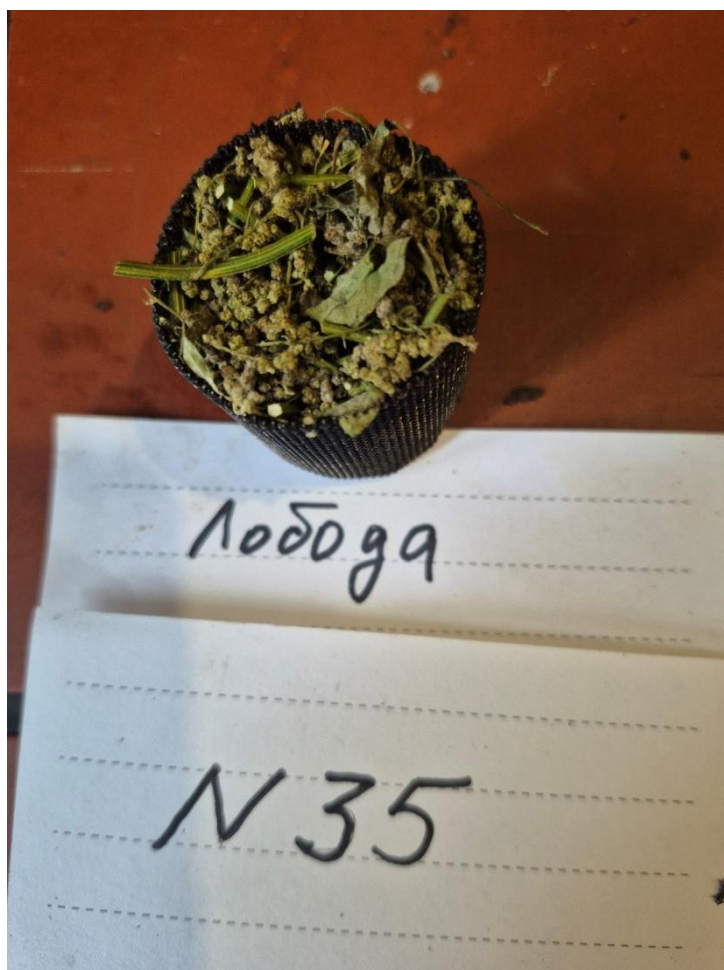


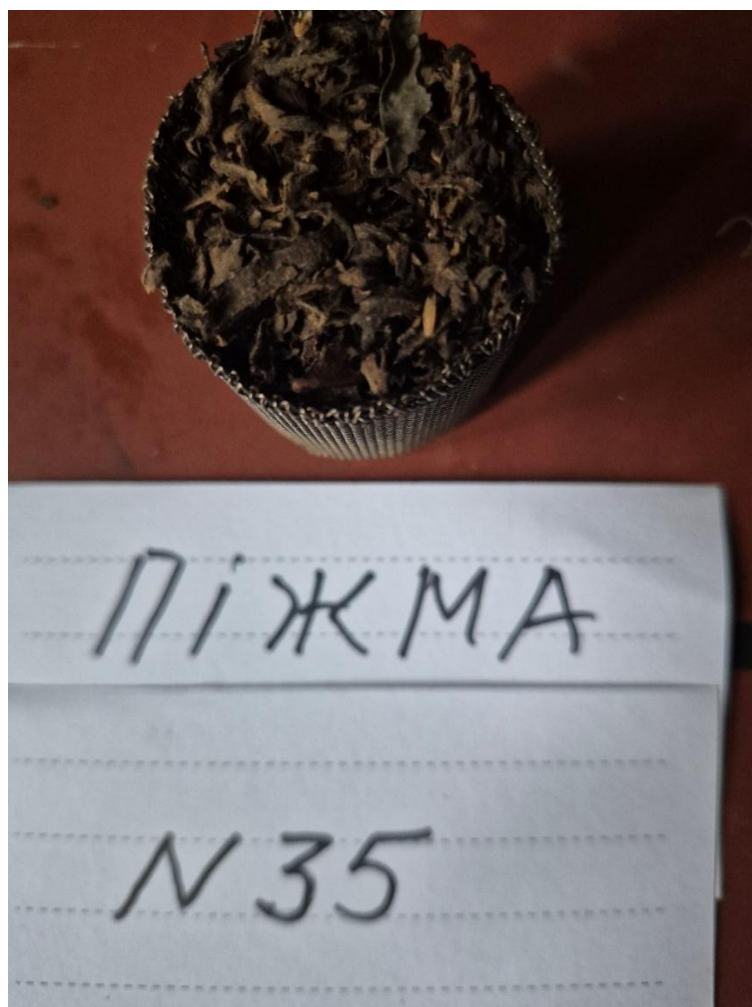


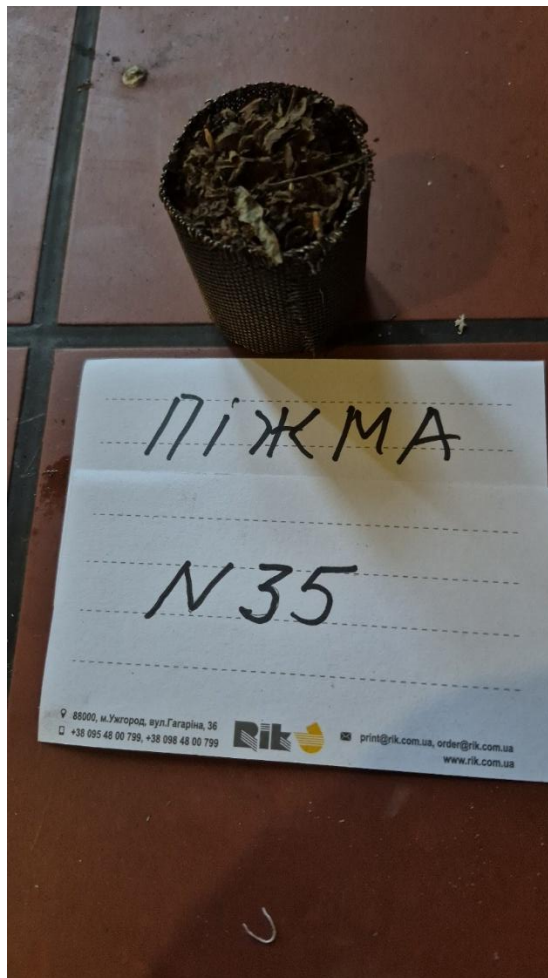




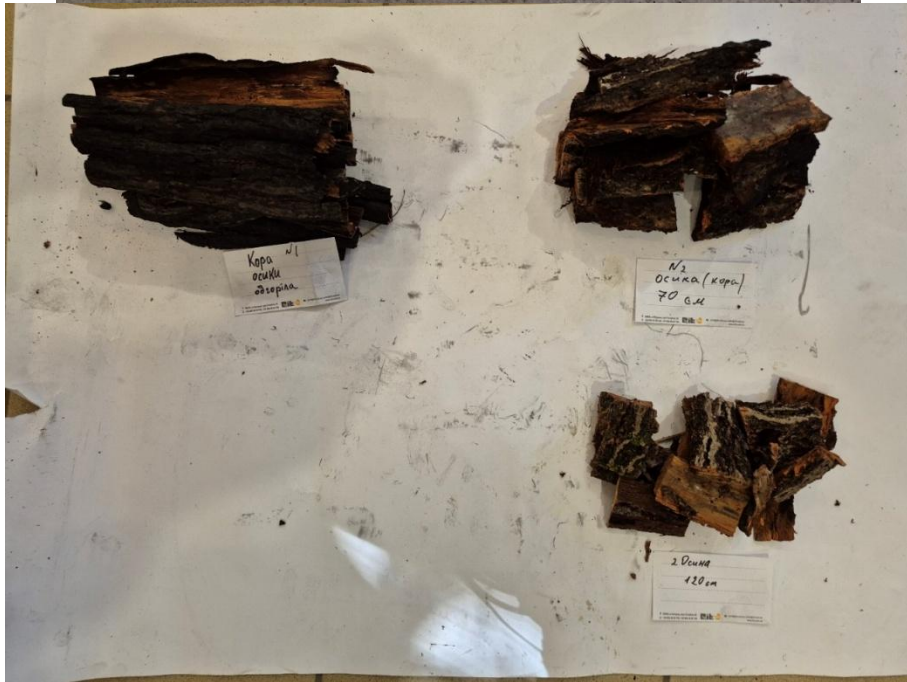




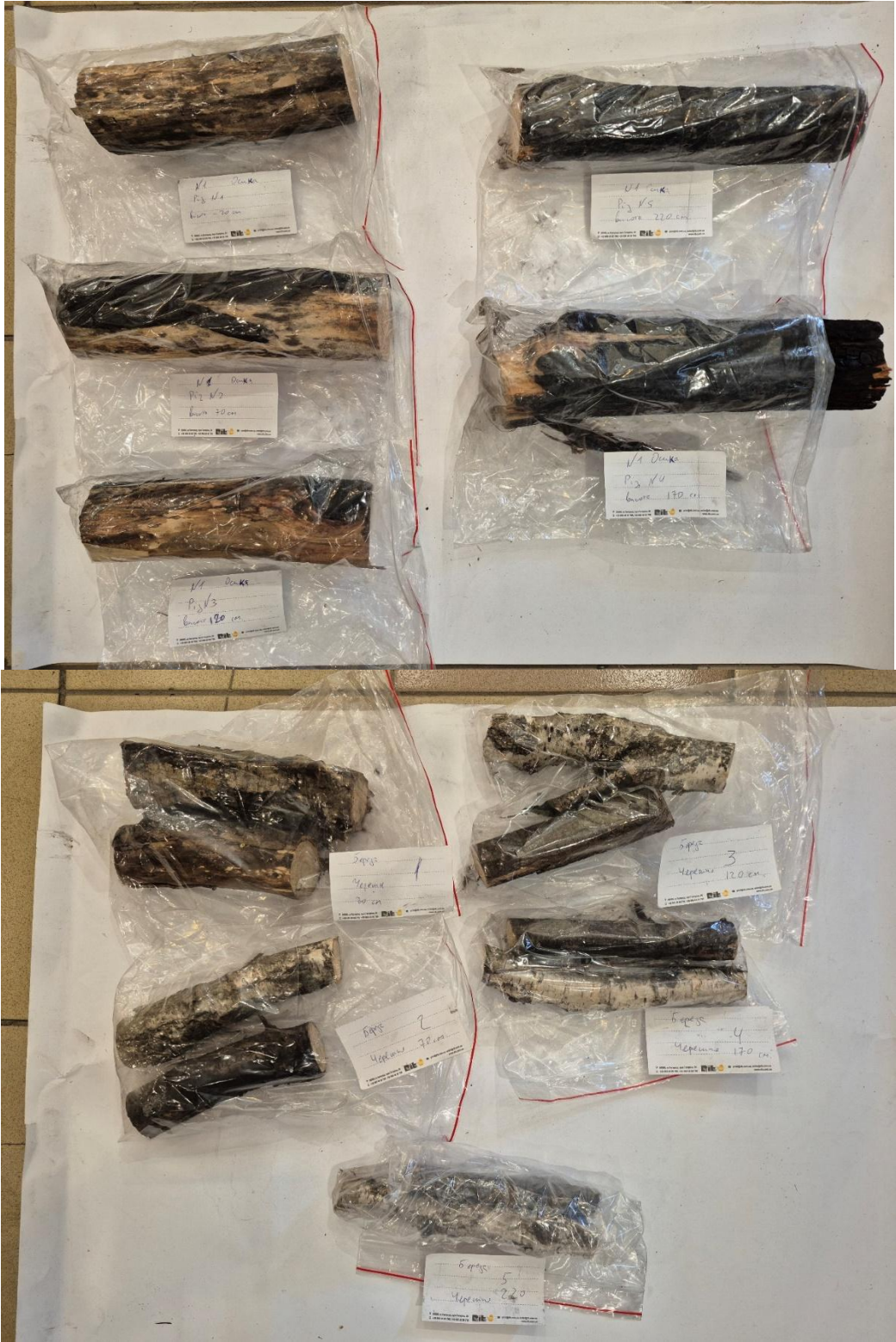








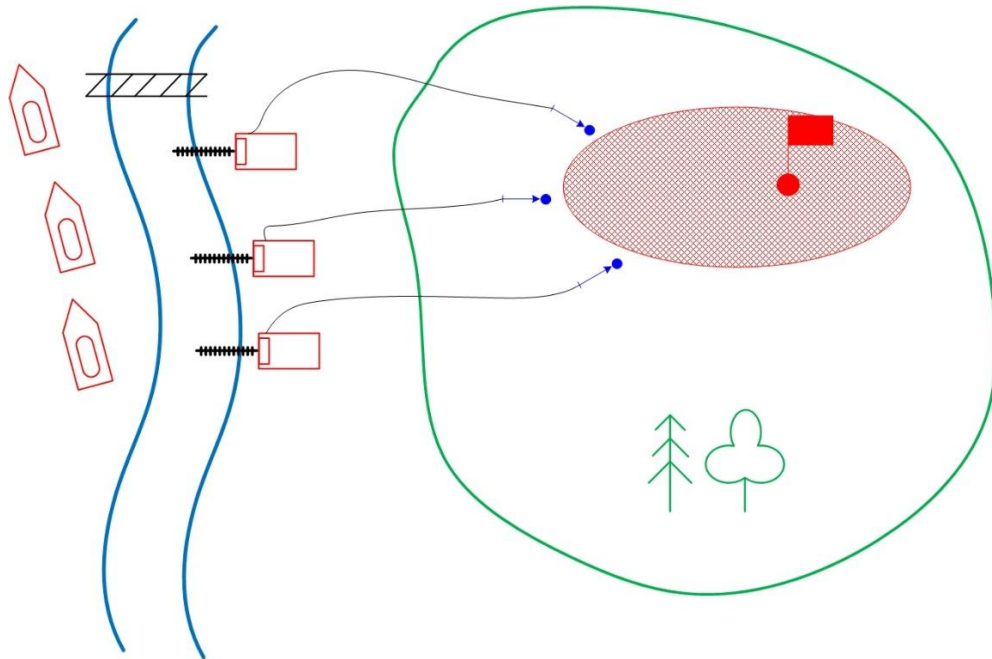




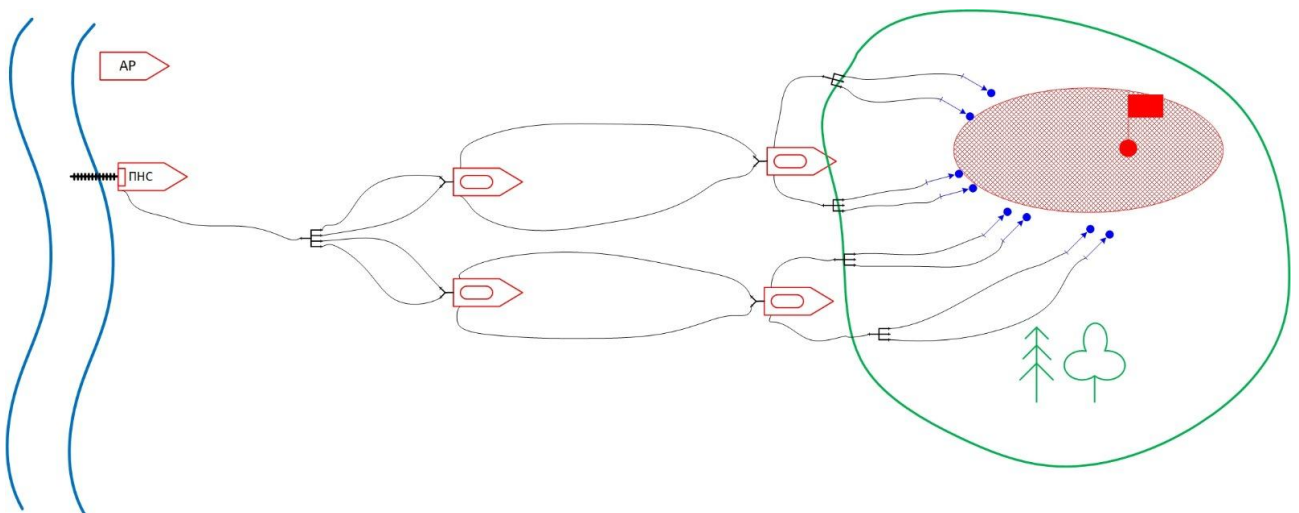


Додаток Г. Схеми оперативного розгортання пожежно-рятувальних підрозділів під час гасіння пожеж у природних екосистемах гірської місцевості

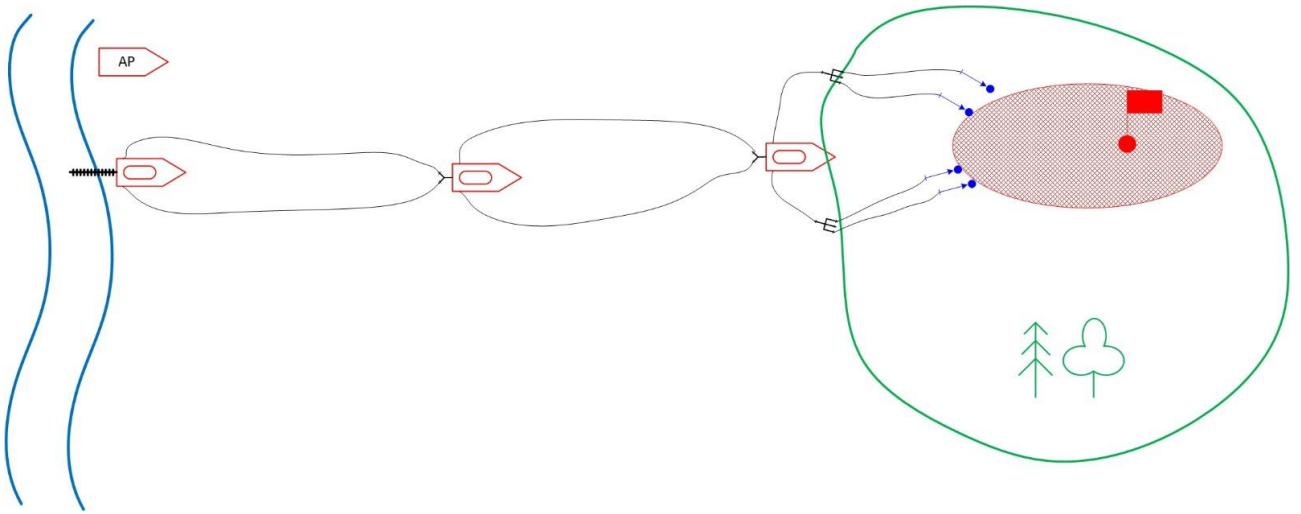
Додаток Г1. Схема оперативного розгортання із використанням пересувних МОТОПОМП



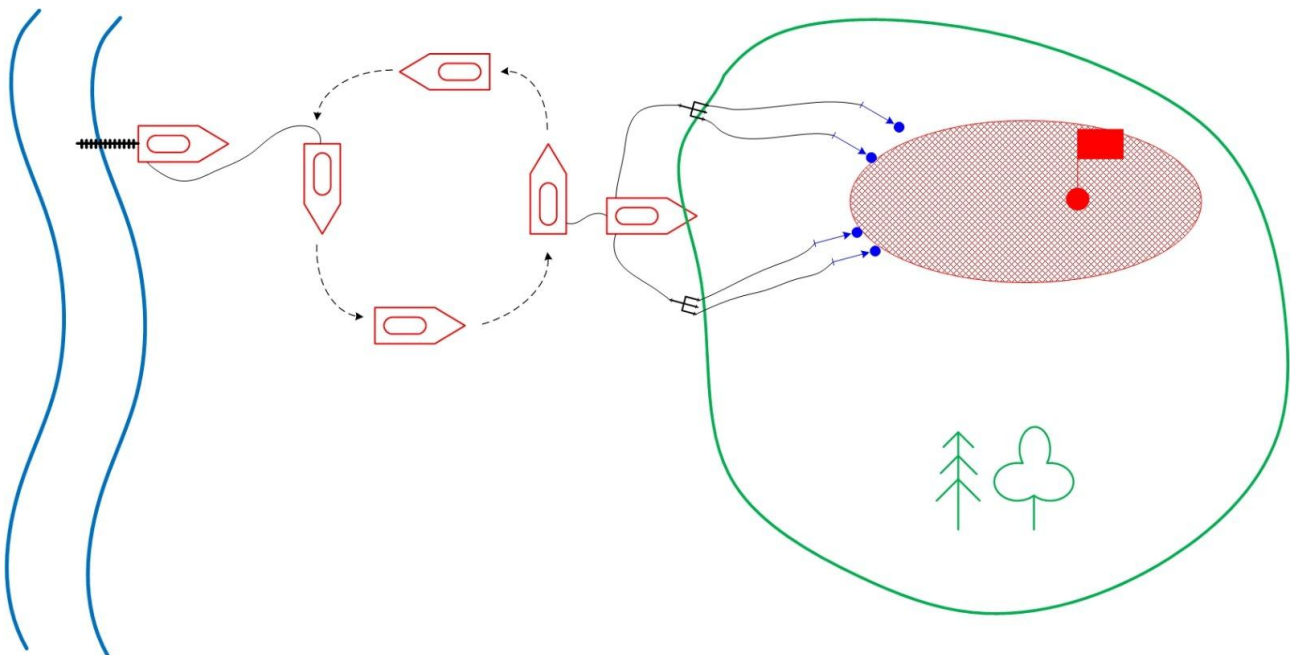
Додаток Г2. Схема оперативного розгортання із використанням пожежної насосної станції, пожежних автоцистерн та насосно-рукавного автомобіля



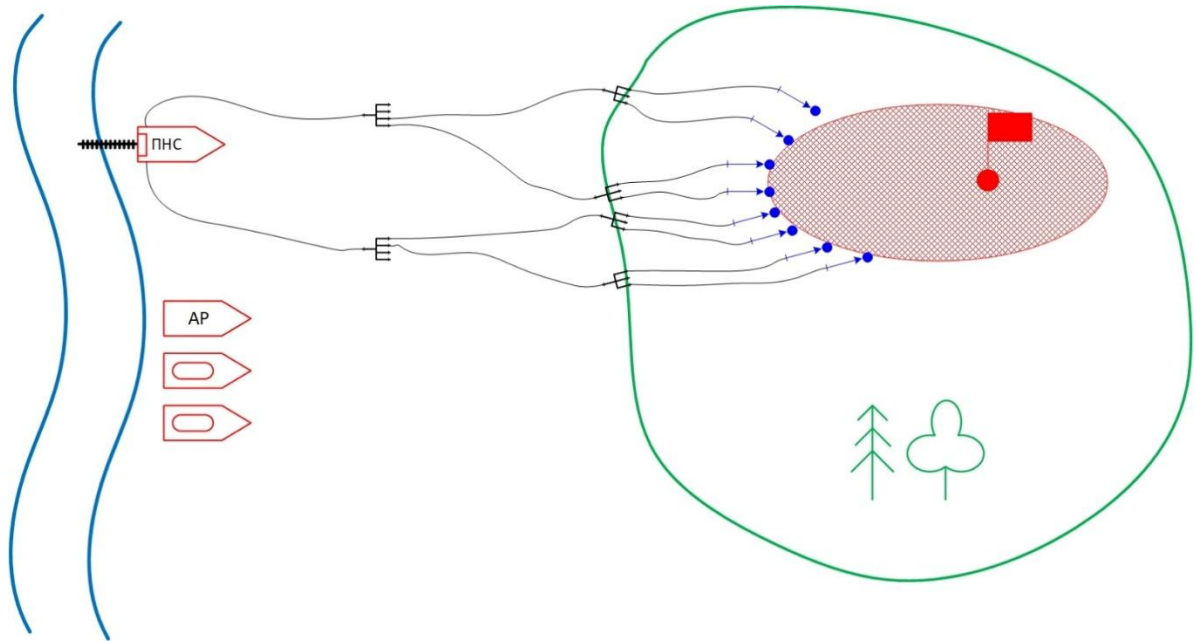
Додаток Г3. Схема оперативного розгортання із використанням пожежних автоцистерн в перекачку з насоса в насос



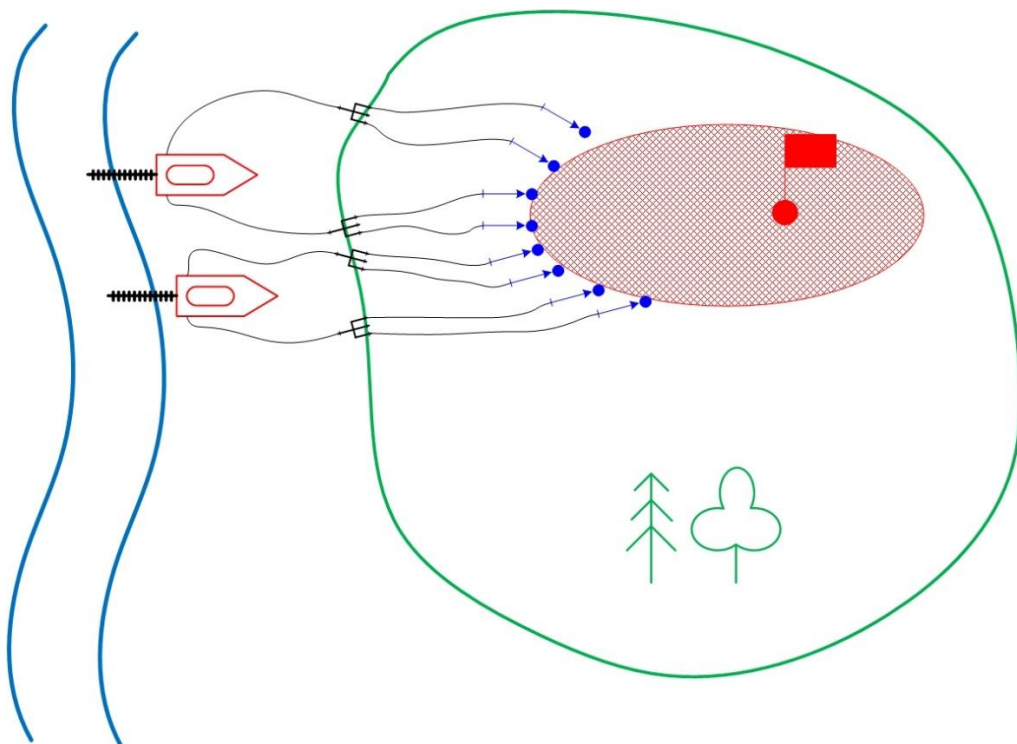
Додаток Г4. Схема оперативного розгортання із використанням пожежних автоцистерн з підвозом води



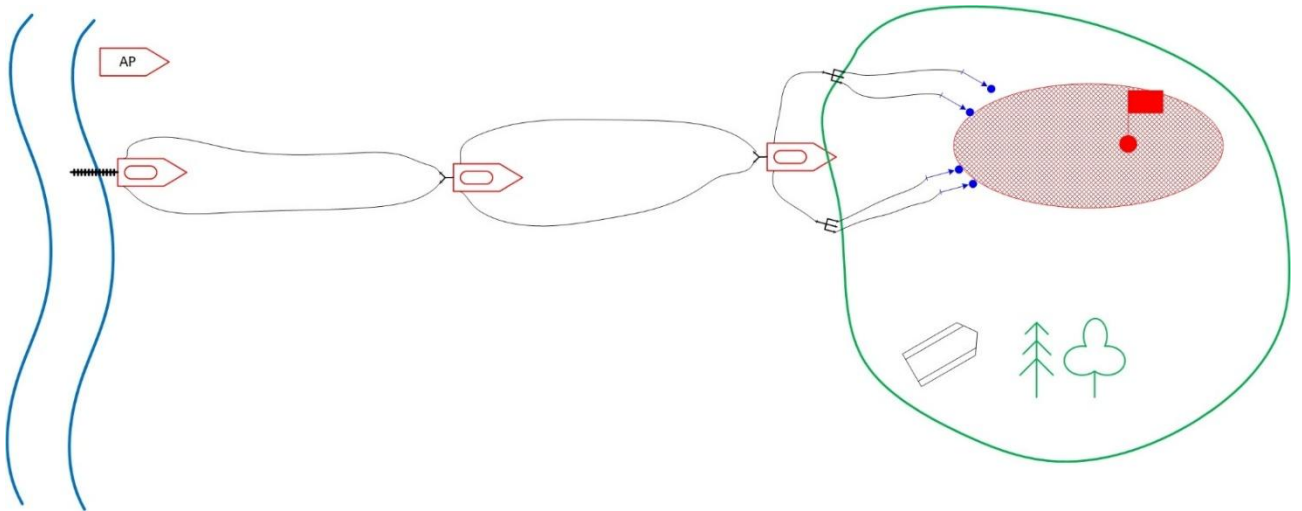
Додаток Г5. Схема оперативного розгортання із використанням пожежної насосної станції та насосно-рукавного автомобіля



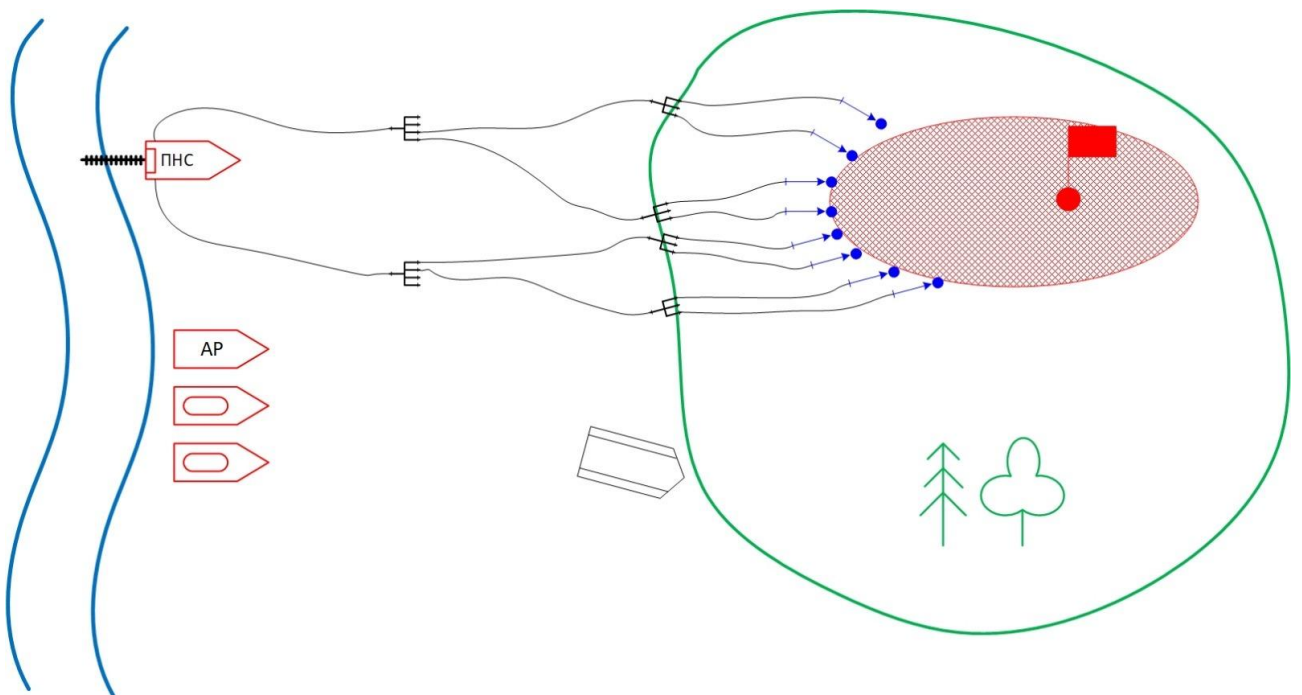
Додаток Г6. Схема оперативного розгортання із використанням пожежних автоцистерн, встановлених на вододжерело



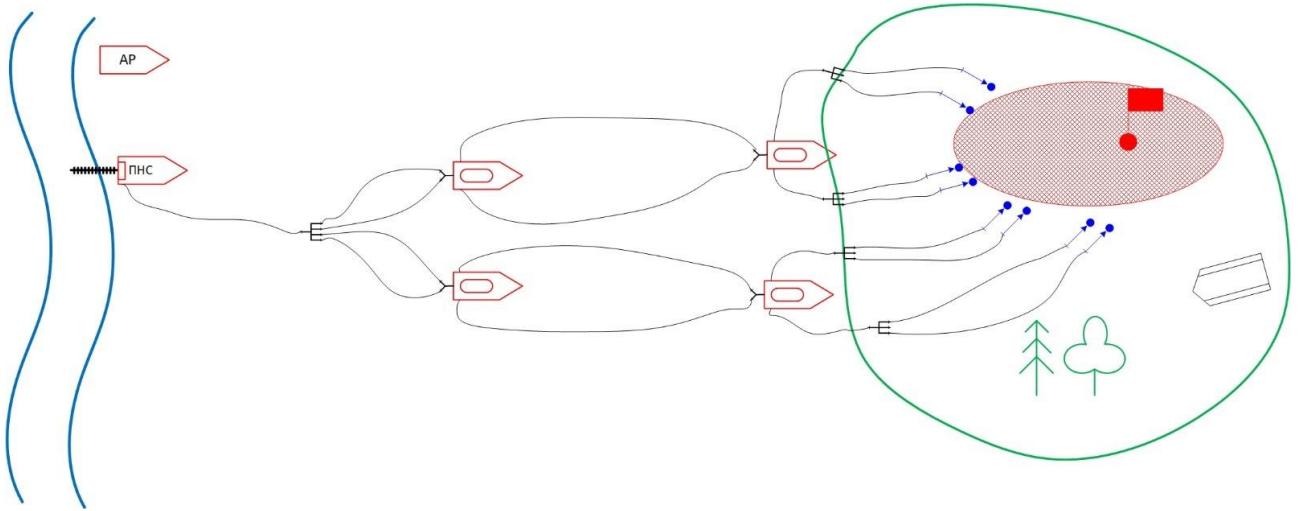
Додаток Г7. Схема оперативного розгортання із використанням пожежних автоцистерн в перекачку з насоса в насос та сільськогосподарської техніки



Додаток Г8. Схема оперативного розгортання із використанням пожежної насосної станції, насосно-рукавного автомобіля та сільськогосподарської техніки



Додаток Г9. Схема оперативного розгортання із використанням пожежної насосної станції, пожежних автоцистерн, насосно-рукавного автомобіля та сільськогосподарської техніки



Додаток Д. Акт впровадження результатів дисертації у практичну діяльність підрозділів ДСНС України

Затверджую
 заступник начальника Головного управління
 ДСНС України у Закарпатській області
 підполковник служби цивільного захисту
 Євген ПРАСЛОВ
 « » 2026 р.



АКТ

впровадження результатів дисертаційної роботи аспіранта заочної форми навчання докторантури / ад'юнктури Львівського державного університету безпеки життєдіяльності Іляшевича М. М. на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 10 «Природничі науки» за спеціальністю 101 «Екологія»

Результати досліджень еколого-техногенної небезпеки пожеж у природних екосистемах Закарпатської низовини, які виконані аспірантом Іляшевичем М. М. використовуються у практичній діяльності ГУ ДСНС України в Закарпатській області.

Встановлено температуру займання та температуру самозаймання зразків рослинності відібраних з території порушених пожежами в природних екосистемах. Для дослідження було взято такі види рослинності – *Tanacetum vulgare* L., *Chenopodium album* L., *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth., *Bellis perennis* L., *Populus tremula* L., *Betula pendula* Roth., *Prunus avium*, *Robinia pseudoacacia* L.

Для всіх рослин (з визначення здатності до теплових умов самозаймання рослин (рослинної сировини)) характерні ступінчасті криві на графіках у діапазоні +70 - +100 °С, що пояснюється процесом сушіння – випаровуванням внутрішньої вологи з подальшим прогріванням до заданої температури.

Всі рослинні матеріали зразків здатні до теплового самозаймання, але умови в природі для даних рослин відсутні: тривала температура вище +70 °С, скиртування у великих обсягах, висока щільність укладання тощо.

Для Закарпатської низовини ці дослідження мають особливе значення, оскільки регіон характеризується високою продуктивністю рослинного покриву, значною часткою лучних екосистем та сезонною динамікою вологості. У періоди літньої посухи відбувається швидке висушування трав'янистої рослинності, що створює сприятливі умови для виникнення та швидкого поширення пожеж.

Отримані результати можуть бути використані для вдосконалення підходів до оцінки пожежних ризиків, моделювання розвитку пожеж та обґрунтування заходів із запобігання повторним загорянням у післяпожежних ландшафтах.

Члени комісії:

начальник інженерної служби
 відділу організації реагування
 на надзвичайні ситуації та гуманітарного розмінування
 управління реагування на надзвичайні ситуації
 Головного управління ДСНС України
 у Закарпатській області
 капітан служби цивільного захисту



Владислав СИНЧУК

заступник начальника регіонального центру
управління в надзвичайних ситуаціях
Головного управління ДСНС України
у Закарпатській області
підполковник служби цивільного захисту



Сергій ТИРЛИЧ

начальник зміни відділу швидкого реагування
регіонального центру управління
в надзвичайних ситуаціях
Головного управління ДСНС України
у Закарпатській області
майор служби цивільного захисту



Роберт ПАУШ

**Додаток Е. Акт впровадження результатів дисертації у роботу
Закарпатського обласного центру гідрометеорології**

ЗАТВЕРДЖУЮ
Начальник Закарпатського обласного центру
з гідрометеорології
Василь МАНІВЧУК
« » 2026 р.

АКТ

впровадження результатів дисертаційної роботи аспіранта заочної форми
навчання докторантури / ад'юнктури Львівського державного
університету безпеки життєдіяльності Ляшевича М. М. на здобуття
ступеня доктора філософії з галузі знань 10 «Природничі науки» за
спеціальністю 101 «Екологія»

Результати досліджень аспіранта заочної форми навчання докторантури / ад'юнктури Львівського державного університету безпеки життєдіяльності Ляшевича М. М. враховано в практичній діяльності Закарпатського обласного центру з гідрометеорології. Фітомеліоративні процеси на постпірогенних територіях відбуваються за участі автохтонних видів.

За відношенням до освітлення території місцезростання та адаптації рослин до світлового режиму (геліоморфізм), зафіксовано наступні класифікаційні групи рослинного покриву: геліофіти – 45,5%, сціофіти – 20,8%, сціогеліофіти – 21,5%, геліосціофіти – 12,2%.

У едафотопях виділено наступні класифікаційні групи рослинності: види, які віддають перевагу середнім за рівнем трофності умовам місцезростання (мезотрофи) – 51%, види, які віддають перевагу бідним умовам місцезростання (оліготрофи) – 22,5% і види, які віддають перевагу багатим умовам місцезростання (мегатрофи або еутрофи) – 26,5%.

Фізико-хімічний аналіз ґрунтів, відібраних із осередків горіння показав, що вміст рухомих сполук фосфору варіював у межах 7,5–16,2 мг/кг, із середнім значенням 10,54 мг/кг. Найвищі концентрації зафіксовано у південному (16,2 мг/кг) та східному (14,9 мг/кг) напрямках, що свідчить про локальне накопичення зольних елементів у зонах найбільш інтенсивного горіння.

Одержані дані є важливими в оцінці комплексних спостережень за забрудненням природного середовища.

Заступник начальника ЦГМ
з ОР та ГМЗ

Марія СКОБЛЕЙ

Виконуюча обов'язки
сектору агрометеорології


Наталія ТОКМАКОВА-ЛУЦЕНКО

Завідувачка сектору спостережень
за забрудненням поверхневих вод
Комплексна лабораторія спостережень
за забрудненням природного середовища II групи

Наталія БАТРАК

Додаток Є. Акт впровадження результатів дисертації у навчальний процес

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Проректор університету із
 навчально-методичної роботи
 кандидат технічних наук, доцент
 полковник служби цивільного захисту
 Олександр ПРИДАТКО
 2026 року



про впровадження результатів дисертаційного дослідження
 аспіранта кафедри екологічної безпеки Львівського державного університету безпеки
 життєдіяльності Михайла ІЛЯШЕВИЧА
 у навчальний процес Львівського державного університету безпеки життєдіяльності

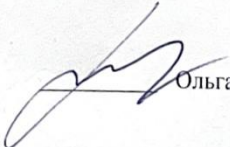
Комісія у складі:

голови комісії: заступника начальника навчально-наукового інституту цивільного захисту, к.ф.-м.н., доцента, полковника служби цивільного захисту Ольги МЕНЬШИКОВОЇ; членів комісії: завідувача кафедри екологічної безпеки д.с.-г.н., професора Андрія КУЗИКА та викладача кафедри екологічної безпеки Катерини КОРОЛЬ встановила, що результати дисертаційного дослідження Михайла ІЛЯШЕВИЧА на тему: «Екологічні наслідки лісових пожеж та постпірогенна фітомеліорація в Карпатському лісгосподарському районі» впроваджені під час викладання таких дисциплін в Університеті на кафедрі екологічної безпеки:

- змістового модулю № 2. “Організація охорони лісів від пожеж” тема № 2.3: “Попередження та ліквідація пожеж у природних екосистемах” з дисципліни “Пожежі в природних екосистемах” за спеціальністю Е2 “Екологія” першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Екологія та охорона навколишнього середовища»;
- змістового модулю № 2. “Системи екологічного моніторингу” тема № 2.4: “Моніторинг стану природних екосистем в умовах антропогенного впливу” з дисципліни “Моніторинг довкілля” за спеціальністю Е2 “Екологія” першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Екологія та охорона навколишнього середовища»;
- змістового модулю № 3. “Антропогенна трансформація ландшафтів” тема № 3.2: “Вплив пожеж на структуру та функціонування природних ландшафтів” з дисципліни “Ландшафтна екологія” за спеціальністю Е2 “Екологія” першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Екологія та охорона навколишнього середовища».

Результати дисертаційного дослідження використані в лекційних курсах зазначених навчальних дисциплін при викладенні теоретичних положень та методичних підходів щодо оцінювання екологічних наслідків лісових пожеж, проведення моніторингу постпірогенних змін природних екосистем, аналізу трансформації ландшафтів та розроблення заходів постпірогенної фітомеліорації з метою відновлення порушених екосистем Карпатського лісгосподарського району.

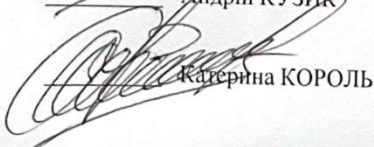
Голова комісії:
 Заступник начальника
 навчально-наукового інституту
 цивільного захисту,
 к.ф.-м.н., доцент,
 полковник служби цивільного захисту


 Ольга МЕНЬШИКОВА

Члени комісії:
 Завідувач кафедри
 екологічної безпеки,
 д.с.-г.н., професор


 Андрій КУЗИК

Викладач кафедри
 екологічної безпеки


 Катерина КОРОЛЬ

Додаток Ж. Список публікацій здобувача за темою дисертації та відомості
про апробацію результатів дисертації

Наукові праці в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Skrobala, V., Popovych, V., **Ilyashevych, M.**, Korol, K., Renkas, A., Popovych, N., & Wojko, T. Forecasting post-fire dynamics of vegetation recovery in natural ecosystems. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2025. 26(8). 398-411. <https://doi.org/10.12912/27197050/208577> (Scopus, Q3)

Особистий внесок - формулювання завдання і мети досліджень, опрацювання результатів досліджень.

2. Kuzyk A., Lagno D., Popovych V., **Ilyashevych M.** Mathematical modeling of the development and extinguishing of forest fires in radionuclear contaminated areas. *Journal of Environmental Research, Engineering and Management*. 2025. 81(4). 142-151. <https://doi.org/10.5755/j01.erem.81.4.42339> (Scopus, Q3)

Особистий внесок - аналіз літературних та наукових джерел, постановка проблеми.

3. Іляшевич М. М. Екологічна оцінка фітомеліоративної ефективності територій порушеними пожежами в природних екосистемах. *Екологічні науки*. 2026. 3(66). С. 99-106. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2026.eco.3-66.13>

4. Іляшевич М. М. Особливості впливу пожеж у Карпатському лісогосподарському районі на довкілля. *Біологічні, хімічні та екологічні загрози під час війни: колективна монографія*. Львів: ЛДУБЖД, 2026. С. 52-60.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

5. Іляшевич, М. М., Шуплат Т. І. Вплив пожеж на лісові екосистеми Закарпатської області. *Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування. VIII Міжнародний молодіжний конгрес, 02-03 березня 2023, Україна, Львів: збірник матеріалів - Львів: Національний університет «Львівська політехніка», 2023. С. 52. **Форма участі - очна.***

Особистий внесок - аналіз літературних та наукових джерел, постановка завдання, формулювання висновків.

6. Іляшевич, М. М., Шуплат Т. І. Проблема знищення лісових ресурсів України внаслідок військових дій. *Відновлення довкілля України внаслідок збройної агресії росії: зб. тез доповідей Круглого столу (м. Львів, 17 березня 2023 року).* 2023. С. 29-33. **Форма участі - очна.**

Особистий внесок - аналіз літературних та наукових джерел, формулювання висновків.

7. Іляшевич, М. М., Шуплат Т. І. Екологічні наслідки пожеж в лісових екосистемах, спричинених військовими діями, як прояв екоциду. *Лісові пожежі в умовах війни: зб. тез доповідей Круглого столу (м. Львів, 24 травня 2024 року).* 2024. С. 18-20. **Форма участі - очна.**

Особистий внесок - аналіз літературних та наукових джерел, формулювання висновків.

8. Дочинець В. В., Іляшевич М. М., Попович В. В. Флористична та екологічна структура рослинного покриву полігонів твердих побутових відходів Закарпатської області. *International scientific conference (December 25-26, 2024, Riga).* 2024. С. 17-21. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-521-1-4>

Форма участі - дистанційна.

Особистий внесок - аналіз літературних джерел, польові дослідження, опрацювання результатів досліджень.

9. Іляшевич, М. М., Шуплат Т. І., Попович В. В. Експрес-діагностика рівня життєвості деревних насаджень постпірогенних територій Закарпатської області за допомогою електрофізіологічних методів. *Проблеми та перспективи розвитку безпеки життєдіяльності в умовах війни: зб. наук. праць XXI Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, курсантів та студентів.* Львів: ЛДУБЖД, 2026. С. 809-815. **Форма участі - очна.**

Особистий внесок - аналіз літературних джерел, польові дослідження, опрацювання результатів досліджень.

10. Іляшевич, М., Шуплат Т., Попович В. Особливості пожеж у природних екосистемах Закрапатської низовини та їх наслідки. *Цивільний захист в умовах війни : збірник тез доповідей II Міжнародної науково-практичної конференції, м. Львів, 15 квітня 2026 року. Львів: ЛДУБЖД, 2026. С. 236-238. Форма участі - очна.*

Особистий внесок - аналіз літературних та наукових джерел, формулювання висновків.

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

11. Попович В. В., Кучерявий В. П., Скиба Т. К., Бойко Т. В., Дочинець В. В., Іляшевич М. М., Кіт О. Ю., Попович Н. П., Коваль В. В. Пристрій для вимірювання щільності ґрунту: пат. 162515 Україна: МПК G01N 9/36. № u202504363; заявл. 08.09.2025; опубл. 01.04.2026, Бюл. № 13/2026.

Особистий внесок - аналіз літературних джерел, опрацювання формули моделі.

12. Попович В. В., Кучерявий В. П., Скиба Т. К., Бойко Т. В., Дочинець В. В., Іляшевич М. М., Кіт О. Ю., Кочмар І. М., Федів І. С., Скробала В. М. Пристрій для вимірювання липкості ґрунту: пат. 162516 Україна: МПК G01N 9/36. № u202504365; заявл. 08.09.2025; опубл. 01.04.2026, Бюл. № 13/2026.

Особистий внесок - аналіз літературних джерел, опрацювання реферату.