

Міністерство освіти і науки України
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
Географічний факультет
Кафедра фізичної географії, геоморфології та палеогеографії

**Моніторинг змін лісовкритих територій Черемоського НПП
та його околиць**

Кваліфікаційна робота
Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Виконала:

Студентка IV курсу 401 групи
спеціальності 106 Географія

Кургульцева Тетяна

Науковий керівник:

к.геогр.н., асист.

Поп'юк Яна Анатоліївна

Рецензент:

До захисту допущено:

Протокол засідання кафедри № _____

від «_____» _____ 2025 р.

зав. кафедри _____ проф. Богдан РІДУШ

Чернівці – 2025

ЗМІСТ РОБОТИ

ВСТУП

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИРОДИ НАЦІОНАЛЬНИХ ПРИРОДНИХ ПАРКІВ

1.1. Поняття, значення та правові засади функціонування національних природних парків в Україні.....

1.2. Методологічні основи використання геоінформаційних систем та супутникових даних у природоохоронних дослідженнях

РОЗДІЛ 2. ОСОБЛИВОСТІ ПРИРОДООХОРОННОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ТА СТРУКТУРА НПП «ЧЕРЕМОСЬКИЙ»

2.1. Історія створення та основні напрями діяльності НПП «Черемоський»

2.2. Біорізноманіття території дослідження

2.3. Зонування території НПП та його функціональне значення

2.4 Особливості природи території НПП «Черемоський»

РОЗДІЛ 3. МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Геопросторові дані та їх обробка в середовищі QGIS

3.2. Використання браузера Corpticus для супутникового моніторингу...

3.3. Верифікація даних та аналіз отриманих результатів.....

РОЗДІЛ 4. МОНІТОРИНГ ЗМІН ЛІСОВКРИТИХ ДІЛЯНОК НПП «ЧЕРЕМОСЬКИЙ» ТА СУСІДНІХ ТЕРИТОРІЙ

4.1. Динаміка змін лісовкритих площ.....

4.2. Чинники, що впливають на трансформацію лісових біотопів

4.3. Екологічні наслідки змін лісової рослинності та рекомендації щодо їх мінімізації

ВИСНОВКИ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Анотація

У дипломній роботі досліджено фізико-географічні особливості Національного природного парку «Черемоський», що є важливим природоохоронним об'єктом Українських Карпат. Проаналізовано динаміку змін лісового покриву, вплив природних і антропогенних факторів на зміни в ньому, сучасне функціональне зонування та стан лісових екосистем. Особлива увага приділена використанню геоінформаційних систем і супутникових даних для моніторингу території парку та лісовкритих площ зокрема. Висвітлено необхідність збереження не лише біорізноманіття, але й георізноманіття. Робота має практичне значення для управління природоохоронними територіями, розвитку екологічного туризму та проведення наукових досліджень.

Ключові слова

Національний природний парк «Черемоський», особливості природи, геоінформаційні системи, супутникові дані, лісовкриті площі, моніторинг, динаміка .

The thesis examines the physical and geographical features of the of the Cheremosky National Nature Park, which is an important nature conservation site of the Ukrainian Carpathians. The dynamics of changes in forest cover, the impact of natural and anthropogenic factors on changes in it, modern functional zoning and the state of forest ecosystems are analyzed. Particular attention is paid to the use of geographic information systems and satellite data to monitor the park's territory and forested areas in particular. The necessity of preserving not only biodiversity but also geodiversity is highlighted. The work is of practical importance for the management of protected areas, the development of ecotourism, and scientific research.

Keywords: Cheremosky National Nature Park, nature features, geographic information systems, satellite data, forested areas, monitoring, dynamics

ВСТУП

Актуальність дослідження. Національні природні парки є однією з найважливіших категорій природно-заповідних територій, що відіграють ключову роль у збереженні унікальних екосистем, біорізноманіття та природних ландшафтів. У світовій практиці першим таким об'єктом став Єллоустонський національний парк (1872 р.), що започаткував новий підхід до охорони природи та регульованого використання природних територій для екологічного туризму та наукових досліджень. В Україні статус національного природного парку регулюється Законом України «Про природно-заповідний фонд», де визначено основні завдання таких територій, серед яких – охорона рідкісних видів флори і фауни, збереження природних екосистем, підтримка екологічної рівноваги та забезпечення сталого природокористування.

Національний природний парк «Черемоський» є одним із ключових природоохоронних об'єктів Українських Карпат. Його територія охоплює унікальні ландшафти, реліктові лісові масиви; тут охороняються численні види рослин і тварин, значна частина яких занесена до Червоної книги України та міжнародних природоохоронних списків. Однак, попри природоохоронний статус парку, питання щодо оптимального управління його територією та ефективного зонування залишаються актуальними.

У контексті сучасних природно-кліматичних змін та зростання антропогенного навантаження особливого значення набуває моніторинг стану та динаміки змін природних ландшафтів, зокрема лісовкритих біотопів. Територія Національного природного парку «Черемоський» є однією з ключових природоохоронних ділянок Українських Карпат, де зосереджені рідкісні та малозмінені природні комплекси. Проте просторово-часові трансформації ландшафтів, пов'язані з як природними, так і антропогенними чинниками, потребують комплексного вивчення. Сучасні технології, зокрема дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) та геоінформаційні системи (ГІС), відкривають нові можливості для ефективного виявлення змін, картографування трансформованих ділянок та обґрунтування природоохоронних рішень. Отже,

актуальність дослідження полягає у необхідності оперативного просторового аналізу стану лісовкритих біотопів Черемоського НПП та прилеглих територій, як основи для збереження унікального ландшафтного та біологічного різноманіття регіону.

Незважаючи на значний інтерес науковців до дослідження національних природних парків в Україні, значна частина робіт зосереджена на аналізі біологічного різноманіття, тоді як абіотичні чинники, такі як геологічна будова, кліматичні особливості, ґрунти та ландшафтна структура, досліджуються менш детально. Це особливо актуально для природно-заповідних територій Чернівецької області, включаючи НПП «Черемоський».

Значний внесок у дослідження природних особливостей парку зробили вчені Чернівецького національного університету ім. Ю. Федьковича, зокрема І.І. Чорней, Б.Т. Рідуш, Я.А. Поп'юк, Д.І. Холявчук, С.М. Кирилюк, які аналізували склад та видове різноманіття рослинності, геологічні та геоморфологічні особливості парку. Однак низка важливих аспектів, зокрема четвертинні відклади, динаміка ландшафтів, вивчення локальних кліматів залишаються маловивченими. Саме тому подальші дослідження НПП «Черемоський» з акцентом на аналіз динаміки змін природних ландшафтів, моніторинг залісненості та використання геоінформаційних технологій при дослідженні території НПП є надзвичайно важливими.

Мета роботи: встановити та проаналізувати просторові й часові зміни лісовкритих ділянок території Черемоського національного природного парку та його околиць із використанням методів дистанційного зондування Землі та геоінформаційного аналізу, з подальшою оцінкою стану біотопів та формуванням рекомендацій щодо збереження природного різноманіття і сталого природокористування

Для досягнення мети були поставлені такі **завдання:**

- проаналізувати теоретичні засади дослідження природи парку та визначити методологічні основи застосування ГІС та ДЗЗ у природохоронних дослідженнях;

- розкрити особливості діяльності та структури НПП «Черемоський»;
 - охарактеризувати загальні риси природи території НПП «Черемоський»;
 - здійснити аналіз динаміки змін лісовкритих площ парку і суміжних територій за топографічними картами та супутниковими знімками;
 - визначити основні природні та антропогенні чинники, що впливають на трансформацію лісових екосистем;
- оцінити екологічні наслідки змін та запропонувати рекомендації щодо їх мінімізації.

Об’єктом дослідження є територія НПП «Черемоський».

Предметом дослідження є встановлення особливостей та динаміки змін лісовкритих площ з використанням геоінформаційних систем та супутникових даних; встановлення чинників, що на них впливають.

Матеріали та методи: в основу дипломного дослідження покладені наукові публікації, нормативно-правові акти, інформаційні джерела (веб-сайти), картографічні матеріали та супутникові знімки; застосований комплекс методів – порівняльний, аналітичний, системний, картографічний, ДЗЗ та інтерактивний.

Наукова новизна досліджень території Національного природного парку "Черемоський" полягає в комплексному підході до оцінки змін лісового покриву Черемоського НПП, що включає просторовий аналіз, верифікацію супутникових даних та обґрунтування необхідності збереження не лише біорізноманіття, а й георізноманіття.

Практичне значення дослідження полягає у можливості використання його результатів для удосконалення управління природоохоронною діяльністю, підвищення ефективності екологічного моніторингу, розвитку екотуризму та обґрунтування природоохоронної політики на регіональному рівні.

Структура роботи: Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИРОДИ НАЦІОНАЛЬНИХ ПРИРОДНИХ ПАРКІВ

1.1. Поняття, значення та правові засади функціонування національних природних парків в Україні

Національний природний парк (далі – НПП) – одна з найстаріших категорій природоохоронних територій, яку вперше законодавчо визначено у Єллоустонському національному парку. Цей парк був заснований у 1872 році в США і має площу 888 708 га. Саме завдяки йому було введено міжнародне визначення поняття "національний природний парк" у 1969 році на Генеральній асамблеї Міжнародної спілки охорони природи та природних ресурсів.

Згідно з цим означенням, НПП - це простір, зарезервований для захисту та підтримки природної рівноваги екосистем. Ця територія включає одну або декілька незначно змінених або зовсім не змінених екологічних систем, що не підлягають експлуатації або освоєнню людиною.

Вона характеризується різноманітними ландшафтами, багатим рослинним і тваринним світом, а також різноманітними геоморфологічними системами, які є особливо цінними з точки зору науки, освіти, виховання та відпочинку, або з природними пейзажами високої естетичної цінності. НПП - це територія, де державні органи країни приймають відповідні заходи для запобігання та обмеження людської діяльності з метою збереження або підтримки природних, екологічних, геоморфологічних та естетичних цінностей даної території. При цьому відвідування та переміщення людей на цій території допускається за певних умов з метою відпочинку та культурно-освітніх цілей [7].

Початковою метою створення національних природних парків (НПП) було збереження природних багатств і краси для блага людини. Згодом ця концепція еволюціонувала, і нині НПП поєднують природоохоронну та рекреаційну функції. З часом до них додалися освітньо-пізнавальна та науково-дослідна діяльність. В умовах освоєних регіонів ці функції

доповнюються охороною культурної спадщини та господарською діяльністю. Адже збереження культурних ландшафтів можливе лише за умови ведення екологічно обґрунтованого традиційного або сучасного господарства.

Водночас поєднання охорони природи з рекреацією залишається одним із найбільших викликів для національних парків. Це питання активно обговорювалося під час Другої світової конференції з НПП у 1972 році. Тоді було визнано, що жоден парк у світі не знайшов ідеального балансу між збереженням природних екосистем та забезпеченням доступу відвідувачів. Масовий туризм, навіть за суворого регулювання, негативно впливає на природні ландшафти та створює загрозу екосистемам [7].

З метою збереження природних ресурсів та забезпечення сталого використання територій НПП конференція визначила ряд ключових заходів:

1. Функціональне зонування – поділ території парку на окремі зони з чітким визначенням їх призначення, зокрема для наукових досліджень, туризму, охорони природи тощо.

2. Контрольована експлуатація зон – встановлення конкретних правил і обмежень для кожної функціональної зони, щоб мінімізувати вплив людської діяльності на природне середовище.

3. Розміщення туристичних закладів за межами НПП – такий підхід дозволяє зменшити антропогенне навантаження на екосистеми парку та зберегти його унікальні природні комплекси.

4. Обмеження використання автотранспорту – замість автомобілів рекомендовано використовувати альтернативні екологічно чисті види транспорту, такі як велосипеди, електротранспорт або пішохідні маршрути, що сприятиме зменшенню забруднення та деградації природного середовища.

5. Оцінка необхідності будівництва доріг – якщо дорога все ж проектується, її доцільність має бути обґрунтована з урахуванням можливих екологічних наслідків.

6. Регулювання кількості відвідувачів – зменшення потоку туристів може досягатися через створення альтернативних місць для відпочинку поза

межами НПП та впровадження стратегій для розосередження туристичних потоків [2].

В Україні національні природні парки як категорія природоохоронних територій отримали активний розвиток із проголошенням незалежності та ухваленням важливих законодавчих актів, зокрема Законів «Про охорону навколишнього природного середовища» та «Про природно-заповідний фонд України». Саме після їхнього прийняття питання створення нових природно-заповідних територій, включаючи НПП, стало одним із державних пріоритетів.

Відповідно до частини 1 статті 20 Закону України «Про природно-заповідний фонд України» від 16 червня 1992 року, національні природні парки мають статус природоохоронних, рекреаційних, культурно-освітніх та науково-дослідних установ загальнодержавного значення. Вони створюються з метою збереження, відновлення та раціонального використання природних комплексів і об'єктів, що мають екологічну, оздоровчу, історико-культурну, наукову та естетичну цінність [5]. Їх заснування регулюється указами Президента України. Серед новостворених НПП – «Тузовські лимани», «Олешківські піски», «Дністровський каньйон» та інші [6, с. 331].

Зважаючи на важливість природоохоронної, рекреаційної та інших функцій НПП, їхня територія поділяється на зони відповідно до статті 21 Закону України «Про природно-заповідний фонд України». Виділяються:

- заповідна зона – суворо охоронювана територія, де будь-яка діяльність, що може зашкодити природі, заборонена;
- зона регульованої рекреації – дозволяється обмежене відвідування для туризму та відпочинку;
- зона стаціонарної рекреації – створені умови для розміщення туристичних об'єктів, інфраструктури;
- господарська зона – територія для традиційного або екологічно обґрунтованого господарювання[31].

Діяльність у НПП здійснюється згідно з Положенням про національний природний парк та Проектом організації території, затвердженим Мінприроди України [6, с. 346].

Земельні ділянки та водні простори, включені до складу НПП, вилучаються з господарського використання та передаються в управління парків. Водночас території інших землевласників і землекористувачів можуть бути включені до НПП без порушення їхніх прав, відповідно до Земельного і Водного кодексів України та інших нормативних актів [8, с. 210].

Таким чином, ухвалені закони створили правову основу для ефективного управління природно-заповідними територіями України, сприяючи їх охороні, збереженню біорізноманіття та розвитку екологічного туризму. Завдяки активним зусиллям держави, наукових установ та громадських організацій, мережа НПП продовжує розширюватися, що є важливим кроком для збереження природи та сталого розвитку країни.

Національні природні парки (НПП) України є важливими екологічними, науковими та культурними об'єктами. Вони функціонують як юридичні особи під управлінням спеціальних органів та підпорядковуються Українському фонду охорони природи.

Основні особливості НПП:

1. Управління – кожен парк має власний орган, що займається охороною та використанням природних ресурсів.
2. Фінансування – забезпечується за рахунок державного бюджету.
3. Територія – включає земельні та водні об'єкти для комплексного збереження екосистем.
4. Сталий розвиток – ресурси використовуються раціонально без порушення прав землевласників і землекористувачів [7].

Національні природні парки виконують ряд важливих завдань, спрямованих на збереження та охорону природи, забезпечення сталого використання ресурсів та екологічної стійкості. Основні завдання Національних природних парків включають:

1. Збереження біорізноманіття: Забезпечення охорони та збереження різноманітності природних екосистем, видів рослин і тварин, а також генетичного різноманіття.

2. Наукові дослідження: Проведення наукових досліджень та моніторингу стану природних ресурсів з метою збільшення розуміння процесів у природних екосистемах та їх управління.

3. Освіта та інформування: Залучення громадськості до питань охорони природи, проведення освітніх заходів, екскурсій та інших заходів з популяризації природних цінностей та екологічної культури. (ЗУ «Про природно-заповідний фонд України») [10]

4. Розвиток екологічного туризму: Створення інфраструктури для екологічного туризму та рекреації з мінімальним негативним впливом на природу.

5. Забезпечення сталого використання ресурсів: Розробка та реалізація стратегій сталого використання природних ресурсів, включаючи водні, лісові та інші ресурси.

6. Охорона природних ландшафтів та геологічних утворень: Збереження унікальних ландшафтів, геологічних формацій, гірських масивів тощо.

7. Захист від техногенних загроз: Мінімізація впливу техногенних загроз на екосистеми парку, включаючи обмеження забруднення, землеустрій та інші заходи.

У результаті аналізу теоретичних засад функціонування національних природних парків (НПП) встановлено, що ці природоохоронні території є ключовими інструментами збереження біорізноманіття, охорони унікальних ландшафтів та забезпечення сталого природокористування. Правові основи діяльності НПП в Україні закріплені у низці законодавчих актів, що регламентують статус, цілі, функції та просторову організацію парків.

Наукове значення НПП полягає в їхній ролі як базових територій для моніторингу екологічного стану довкілля та проведення природничих

досліджень. Практичне значення виявляється у розвитку екологічного туризму, збереженні культурних ландшафтів та екологічній просвіті населення.

Найбільш ефективною формою управління є зонування територій з диференціацією режимів використання, що дозволяє поєднувати охоронну, рекреаційну та наукову функції з мінімальним ризиком для природних систем. Таким чином, НПП виступають важливими осередками екологічної рівноваги та інструментами реалізації державної політики у сфері охорони природи.

1.2. Методологічні основи використання геоінформаційних систем та супутникових даних у природоохоронних дослідженнях

Геоінформаційні системи (ГІС) та супутникові дані відіграють ключову роль у сучасних природоохоронних дослідженнях, забезпечуючи ефективні інструменти для моніторингу, аналізу та управління екологічними ресурсами. Використання ГІС у поєднанні з методами дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) дозволяє отримувати, обробляти та візуалізувати великі обсяги просторової інформації, що є необхідним для комплексного оцінювання екологічного стану територій. Це особливо важливо в умовах зростаючого антропогенного навантаження та змін клімату, які впливають на природні екосистеми.

Методологічні основи використання ГІС у природоохоронних дослідженнях базуються на інтеграції різноманітних геопросторових даних, таких як супутникові знімки високої роздільної здатності, топографічні карти, цифрові моделі рельєфу та дані польових досліджень. ГІС забезпечують можливість аналізу змін ландшафтів, прогнозування екологічних ризиків та підтримки прийняття управлінських рішень у сфері охорони довкілля. Особливо важливим є використання цих технологій у моніторингу стану природоохоронних територій, що дозволяє своєчасно виявляти незаконні вирубки, зміни рослинного покриву та деградацію екосистем [27.. с.5].

Одним із ключових напрямів застосування ГІС є моніторинг змін землекористування. Аналіз супутникових знімків дає змогу досліджувати процеси заліснення та знеліснення, динаміку заболочення територій, поширення пустельних зон, ерозію ґрунтів та зміни у водних ресурсах. Супутникові дані не лише фіксують ці явища, а й допомагають встановити їхні причини. Наприклад, знеліснення може бути спричинене антропогенними чинниками (вирубка лісу, розширення сільськогосподарських угідь, урбанізація) або природними процесами (буреломи, пожежі, епідемії шкідників). У сфері гідрологічних досліджень супутникові технології дозволяють оцінювати рівень забруднення водойм, обміління річок та динаміку берегових ліній.

Для оцінки стану біорізноманіття широко використовуються спектральні індекси, такі як NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), які дозволяють аналізувати рівень рослинної активності, ідентифікувати зони екологічного стресу та визначати тенденції деградації природних екосистем. Гіперспектральні методи дистанційного зондування дають можливість оцінювати санітарний стан лісів, виявляти вплив хвороб та шкідників на деревостан, а також прогнозувати майбутні зміни у біогеографічному розподілі видів.

Розрахунок відносного індексу рослинності (NDVI) базується на двох найбільш стабільних показниках кривої спектральної відбивної здатності. На червону зону спектра (0,62-0,75 мкм) припадає максимум поглинання сонячного випромінювання хлорофілом, а на ближню інфрачервону зону (0,75-1,3 мкм) — максимальне відбиття енергії клітинною структурою листа. Великий показник фотосинтетичної активності, який зазвичай пов'язаний з великою фітомасою рослинності, призводить до низьких значень коефіцієнтів відбиття в червоній зоні спектра і великих в ближній інфрачервоній зоні.

Завдяки особливостям відображення в червоних та інфрачервоних областях спектра, природні об'єкти, нерослинного походження, мають фіксоване значення NDVI, що дозволяє використовувати цей параметр для їх ідентифікації.

Поєднання ГІС із технологіями штучного інтелекту (ШІ) відкриває нові можливості для аналізу екосистемних процесів. Алгоритми машинного навчання здатні автоматично дешифрувати супутникові знімки, ідентифікувати вирубку лісів, розпізнавати просторові закономірності змін землекористування та прогнозувати екологічні загрози. Наприклад, платформа Global Forest Watch, що використовує дані NASA та Європейського космічного агентства, дозволяє відстежувати зміну лісового покриву у режимі реального часу, що значно підвищує ефективність природоохоронних заходів.

Моніторинг екосистем за допомогою ГІС також застосовується для оцінки ефективності природоохоронних заходів. Використання супутникових знімків дозволяє аналізувати стан національних парків та заповідників, оцінювати результативність лісовідновлення та визначати ділянки з підвищеною екологічною вразливістю. Важливим є також моніторинг змін у морських та прибережних екосистемах, зокрема аналіз забруднення акваторій, динаміки ерозійних процесів та змін температурного режиму водних мас [29].

ГІС є незамінним інструментом у природоохоронному плануванні, оскільки дають змогу створювати сценарії сталого управління природними ресурсами, моделювати вплив антропогенних чинників на екосистеми та розробляти науково обґрунтовані стратегії їхньої охорони. Одним із перспективних напрямів є створення національних екологічних баз даних, що містять інтегровану інформацію про стан лісових, водних та земельних ресурсів. Такі бази можуть бути використані державними установами та екологічними організаціями для розробки природоохоронних програм, спрямованих на охорону біорізноманіття, відновлення деградованих територій та запобігання екологічним катастрофам[41].

Важливу роль у розвитку методологічних підходів до використання ГІС у природоохоронних дослідженнях відіграє міжнародна співпраця. Програми Copernicus Європейського Союзу, а також ініціативи ООН та Світового банку сприяють відкритому доступу до супутникових даних та розвитку глобальних платформ для моніторингу довкілля. Це відкриває нові можливості для інтеграції

українських природоохоронних програм у світові системи екологічного управління та сприяє вдосконаленню методів просторового аналізу екологічних процесів[27].

Таким чином, методологічні основи використання ГІС та супутникових даних у природоохоронних дослідженнях ґрунтуються на багаторівневому аналізі екосистемних змін, застосуванні сучасних алгоритмів штучного інтелекту та інтеграції відкритих даних у процеси екологічного управління. Використання цих технологій забезпечує ефективний моніторинг природних територій, своєчасне виявлення екологічних загроз та розробку довгострокових стратегій збереження довкілля. У контексті України це має особливе значення, оскільки сприяє ефективному управлінню природними ресурсами та гармонізації екологічної політики відповідно до міжнародних стандартів.

Висновок до Розділу 1

У першому розділі було розглянуто теоретичні та методологічні основи функціонування національних природних парків (НПП) в Україні, а також сучасні підходи до їх дослідження із застосуванням геоінформаційних систем та супутникових технологій. Національні природні парки є важливим інструментом охорони природи, який поєднує функції збереження біорізноманіття, наукової діяльності, рекреації, екологічної освіти та сталого розвитку.

Законодавче регулювання діяльності НПП в Україні забезпечує належну охорону природних ресурсів, визначає просторову організацію територій шляхом зонування та встановлює правила раціонального природокористування. При цьому надзвичайно важливою є інтеграція сучасних цифрових технологій у процеси екологічного моніторингу й управління парками.

Застосування геоінформаційних систем (ГІС) і супутникових даних значно підвищує ефективність природоохоронної діяльності. Ці інструменти дозволяють здійснювати комплексний моніторинг стану довкілля, оперативно виявляти загрози природним екосистемам, прогнозувати зміни ландшафтів і приймати обґрунтовані управлінські рішення. Використання індексів рослинності, аналіз змін землекористування, поєднання з алгоритмами штучного

інтелекту та створення національних екологічних баз даних відкривають нові перспективи для сталого природокористування в умовах зростаючого антропогенного тиску.

Таким чином, національні природні парки виступають не лише об'єктами охорони природи, а й платформами для розвитку інноваційних підходів до екологічного управління, що відповідають як національним, так і міжнародним стандартам

РОЗДІЛ 2. ОСОБЛИВОСТІ ПРИРОДООХОРОННОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ТА СТРУКТУРА НПП «ЧЕРЕМОСЬКИЙ»

2.1. Історія створення та основні напрями діяльності НПП «Черемоський»

У грудні 2009 року Президент України підписав Указ про створення Національного природного парку "Черемоський" у Буковинських Карпатах.

Наприкінці 1966 року завідувач кафедри ботаніки Чернівецького університету, професор І.В. Артемчук, разом з деякими фахівцями з природоохоронної справи, звернули увагу на необхідність захисту "унікального куточка природи на Буковині" у верхів'ях Білого Черемошу, де збереглися рослини, які не зустрічаються в жодній іншій частині Чернівецької області [1]. Також варто зазначити, що у цьому ж році С. М. Стойко у монографії "Заповідники та пам'ятники природи Українських Карпат" висловив пропозицію щодо створення в Чивчинських горах об'єкта значного розміру для заповідного використання. Пізніше ідея створення національного природного парку "Черемоський" була втілена в програмні документи влади різних рівнів [1, С. 28-30].

Значним чином стимулював активізацію роботи з отримання всіх необхідних погоджень Указ Президента України № 774/2008 від 27 серпня 2008 року "Про невідкладні заходи щодо розширення мережі національних природних парків". Після отримання відповідних погоджень та висновків від землевласників, землекористувачів, органів місцевої влади та самоврядування Чернівецька обласна рада 17 червня 2009 року прийняла рішення № 147-29/09 про створення Національного природного парку "Черемоський" площею 7117,5 га, що стало основою для прийняття відповідного Указу Президента України.

Парк був створений з метою збереження цінних природних територій та історико-культурних об'єктів, які мають важливе природоохоронне, наукове,

естетичне, освітнє, рекреаційне та оздоровче значення. Його діяльність охоплює кілька ключових напрямів, кожен із яких сприяє сталому розвитку території та підтримці екологічного балансу, а саме:

а) Природоохоронна діяльність - основним завданням парку є охорона та відтворення природних комплексів, що становлять значну екологічну та наукову цінність. Територія НПП є осередком збереження рідкісних та зникаючих видів флори і фауни, багато з яких занесені до Червоної книги України та міжнародних Червоних списків. Особливу увагу приділено підтримці стабільності екосистем, збереженню цінних старовікових лісів та унікальних геологічних об'єктів. У межах парку заборонено діяльність, що може призвести до порушення природних екосистем, а натомість впроваджуються заходи для їх відновлення та підтримки біологічного різноманіття.

б) Рекреаційна та туристична діяльність - парк є перспективним осередком для розвитку екологічного туризму, що поєднує активний відпочинок із відповідальним ставленням до довкілля. Територія облаштована туристичними маршрутами, які дозволяють відвідувачам ознайомитися з мальовничими ландшафтами, гірськими вершинами, водоспадами та карстовими утвореннями. Однак діяльність у цій сфері відбувається із суворим дотриманням режиму заповідної території, що запобігає негативному впливу туризму на природні комплекси. Відвідувачам пропонується можливість екологічних екскурсій, пішохідних походів, спостереження за дикою природою та ознайомлення з етнокультурною спадщиною регіону.

с) Науково-дослідна діяльність - НПП «Черемоський» є важливим осередком для наукових досліджень, спрямованих на вивчення природних комплексів, їх динаміки та змін під впливом природних і антропогенних факторів. У межах парку проводяться екологічний моніторинг, флористичні та фауністичні дослідження, вивчення геологічних особливостей території. Одним із ключових аспектів є розробка наукових рекомендацій щодо

ефективного управління природними ресурсами, збереження рідкісних видів та відновлення пошкоджених екосистем.

d) Збереження культурної спадщини та традицій природокористування - парк також виконує роль центру збереження етнографічної та культурної спадщини Буковинських Карпат. Значна увага приділяється відродженню традиційних методів природокористування, що гармонійно поєднуються із сучасними принципами сталого розвитку. Підтримуються місцеві художні промисли, народні ремесла, що історично сформувалися в цьому регіоні. Це сприяє не лише розвитку культурної самобутності регіону, а й залученню місцевого населення до екотуризму та екологічно дружніх видів діяльності.

e) Екологічна освіта та просвітництво - важливим напрямом діяльності парку є підвищення екологічної свідомості населення та відвідувачів. Проводяться освітні заходи, екологічні тренінги, лекції, інтерактивні програми для школярів та студентів. Метою таких заходів є формування у людей розуміння важливості збереження природи, популяризація принципів екологічно відповідального туризму та природокористування.

Функціональне зонування території Національного природного парку "Черемоський" розділено на чотири функціональні зони, як визначено у "Проекті організації території НПП "Черемоський", охорони, відтворення та рекреаційного використання його природних комплексів і об'єктів", затвердженому наказом Міністерства екології та природних ресурсів України від 28.08.2016 року № 313 [22]:

- заповідна зона – призначена для охорони та відновлення найбільш цінних природних комплексів. Режим цієї зони визначається відповідно до вимог, встановлених для природних заповідників. Це означає, що будь-яка господарська та інша діяльність, що суперечить цільовому призначенню заповідника, заборонена згідно зі статтею

- зона регульованої рекреації – призначена для короткострокового відпочинку та оздоровлення населення, огляду особливо мальовничих і пам'ятних місць. У цій зоні дозволяється влаштування та відповідне

обладнання туристських маршрутів і екологічних стежок. Однак, забороняються рубки лісу головного користування, промислове рибальство, мисливство та інша діяльність, яка може негативно вплинути на стан природних комплексів та об'єктів заповідної зони;

- зона стаціонарної рекреації – призначена для розміщення готелів, мотелів, кемпінгів та інших об'єктів обслуговування відвідувачів парку. У цій зоні забороняється будь-яка господарська діяльність, що не пов'язана з цільовим призначенням цієї функціональної зони або може шкідливо вплинути на стан природних комплексів та об'єктів заповідної зони і зони регульованої рекреації;

- господарська зона – призначена для здійснення господарської діяльності, спрямованої на виконання завдань, покладених на парк. У межах цієї зони розташовані населені пункти, об'єкти комунального призначення парку, а також землі інших землевласників та землекористувачів, що включені до складу парку. На цих територіях господарська та інша діяльність здійснюється з додержанням вимог та обмежень, встановлених для зон антропогенних ландшафтів біосферних заповідників [23].

Всі зонування території НПП та проведення рекреаційної та іншої діяльності на його території здійснюються відповідно до Положення про національний природний парк та Проекту організації території національного природного парку, охорони, відтворення та рекреаційного використання його природних комплексів і об'єктів. Ці документи затверджуються центральним органом виконавчої влади, що відповідає за формування та реалізацію державної політики у сфері охорони навколишнього природного середовища.

На території НПП "Черемоський" пролягають сім мальовничих маршрутів. Ці маршрути мають різну складність та протяжність, задовольняючи різні потреби та рівні підготовки туристів [16].

Пішохідні маршрути:

1. Стежками вітряних хребтів (34,5 км, 2 дні) – цей маршрут пролягає через мальовничі вітряні хребти парку, дозволяючи туристам насолоджуватися панорамними видами та відчутти дух пригоди протягом двох днів.

2. "Полонинські мандри" (5,5 км, 4 години) – короткий, але захоплюючий маршрут, який дозволить дослідити красу полонин та отримати нові враження всього за 4 години.

3. "До каньйону річки Товарниці" (7 км, 5 годин) – цей маршрут веде до каньйону річки Товарниці, де туристи зможуть насолодитися бурхливою природою та мальовничими краєвидами.

4. "До водоспаду Пробій" (6 км, 4 години) - Подивіться на вражаючий водоспад Пробій, його велич та красу.

5. "До гори Близниця" (8 км, 6 годин) – цей маршрут пролягає до вершини гори Близниця, де ви зможете насолоджуватися захоплюючими панорамними видами.

Велосипедні Маршрути:

6. "ВелоЧеремош" (32 км, 1 день) - Відправтеся у захопливу подорож по чарівним стежкам та дорогам парку.

7. "Черемоська кругосвітка" (70 км, 2 дні) – цей велосипедний маршрут пролягає навколо всього парку, дозволяючи вам дослідити його найвіддаленіші куточки та насолоджуватися неперевершеними краєвидами протягом двох днів.

В парку є окремо відведені зони, де можна облаштувати намети та створити власний невеликий кемпінг. Ці території огорожені і забезпечені всім необхідним для комфортного перебування: вони мають вогнище для розпалювання вогню, стіл і лавки для відпочинку, альтанку або колибу для притулку, а також літній душ і туалети. Неподалік території парку збудовано декілька готелів, якими турист може скористуватись, якщо він не полюбляє ночівлю в наметах.

Отже, Національний природний парк «Черемоський» є унікальним природоохоронним об'єктом, що поєднує багатий біорізноманітний світ,

складну геологічну будову та значний рекреаційний потенціал. Його створення стало результатом багаторічної роботи науковців та природоохоронців, які прагнули зберегти унікальні екосистеми Буковинських Карпат. Основні напрями діяльності парку спрямовані на охорону природних ландшафтів, розвиток екологічного туризму, проведення наукових досліджень та екопросвітницьку діяльність. Завдяки цим заходам парк не лише зберігає природне багатство регіону, але й створює умови для сталого використання його ресурсів, підтримуючи екологічну рівновагу та сприяючи розвитку місцевих громад. Таким чином, НПП «Черемоський» виконує важливу роль у формуванні екологічно свідомого суспільства та забезпеченні гармонійного співіснування людини і природи.

2.2. Біорізноманіття території дослідження

Національний природний парк «Черемоський» є одним із ключових заповідних об'єктів Чернівецької області та відіграє важливу роль у збереженні біорізноманіття Карпатського регіону. Його створення стало відповіддю на необхідність охорони унікальних природних комплексів, рідкісних видів флори і фауни, а також лісових та гідрологічних екосистем, що мають високу екологічну цінність. Завдяки своїм природним умовам парк став надійним прихистком для багатьох рідкісних, реліктових та ендемічних видів, значна частина яких занесена до Червоної книги України, Європейського червоного списку та Червоного списку Міжнародного союзу охорони природи (IUCN).

Через сприяння екологічному балансу та важливість для збереження природних екосистем, Національний природний парк "Черемоський" слугує важливим кроком у збереженні навколишнього середовища і сприяє сталому розвитку регіону та країни в цілому[26].

НПП "Черемоський" відомий не лише мальовничими краєвидами та величними горами, а й багатством та унікальністю свого рослинного світу.

Територія парку слугує домівкою для понад 1000 видів рослин, 49 з яких занесені до Червоної книги України.

Серед цих рідкісних скарбів флори особливе місце посідають:

- Соссюрея різноколірна (*Saussurea discolor*): елегантна квітка з пурпуровими пелюстками, що зустрічається лише на схилах гір у межах парку.

- Скерета Жакена (*Crepis jacquinii*) тендітна рослина з білими квітами, яка виростає на скелястих схилах та урвищах.

- Тирлич мішкоподібний (*Gentiana utriculosa*): витончена квітка з жовто-оранжевими пелюстками, що прикрашає полонинські луки.

Важливо зазначити, що 5 видів рослин НПП "Черемоський" занесені до Європейського червоного списку. Це свідчить про їх унікальність та потребу в охороні на міжнародному рівні. До цих видів належать:

- Медунка Філярського (*Pulmonaria officinalis*): чарівна квітка з пурпуровими або синіми квітами, що росте у тінистих лісах.

- Тонконіг Ремана (*Poa rehmannii*): елегантна трава, що зустрічається на скелястих схилах та кам'янистих розсипах.

- Первоцвіт полонинський (*Primula poloninensis*): ніжна квітка з жовтими пелюстками, що прикрашає полонинські луки.

- Смілка сумнівна (*Silene dichotoma* Ehrh): тендітна рослина з білими квітами, що виростає на скелястих схилах.

- Елізанта Завадського (*Elisanthe zawadzki*): витончена квітка з білими пелюстками, яка росте у букових лісах [8, 30].

Національний природний парк "Черемоський" характеризується пануванням чистих смерекових лісів з формацією ялини європейської (*Piceeta albae*). Більшість з них мають практично корінний характер, а деякі є абсолютно корінними. Головними представниками є смерека, яка в умовах помірно-холодного вологого клімату, довгою сніжною зимою і коротким вегетаційним періодом витісняє бук лісовий і ялицю звичайну, створюючи монодомінантні угруповання, іноді з домішкою сосни кедрової.

Найціннішими у соцологічному відношенні є фрагменти абсолютно корінних угруповань кедрово-смерекових лісів, які виявлені на горі Великий Камінь у хребті Чорний Діл. Ці рідкісні угруповання мають реліктовий характер і характеризуються співдомінуванням сосни кедрової, яка внесена до Червоної книги України. Це єдине місцезростання цієї видової групи в Буковинських Карпатах.

На хребтах Яровиця та Жупани, в "Долині Шафранів", можна спостерігати чарівне цвітіння шафрану Гейфеля. (Рис.3) Також привабливою для туристів є "Вершина едельвейсів", де росте найвисокогірніша квітка Буковинських Карпат - едельвейс. Ця символічна квітка кохання процвітає на висоті 1445 метрів над рівнем моря, на вершині гори Великий Камінь. Цікаво відзначити, що гора Великий Камінь є одним з найбільш унікальних осередків фіто різноманіття в Українських Карпатах та в цілому в Україні. На кожному квадратному метрі цієї території зустрічається більше 40 видів рослин.

Листяні ліси на території НПП "Черемоський" охоплюють невелику площу. Вони розповсюджені вузькими смугами в долинах річок і потоків на алювіальних ґрунтах нижніх річкових терас, а також на корінних схилах уздовж тимчасових малих водотоків на всій території заповідного об'єкта. Спільною характерною рисою цих лісів є відсутність у їхньому флористичному складі таких видів, як страусове перо і крем'яник гарний, які є досить звичайними компонентами цих угруповань на нижчих гіпсометричних рівнях. Це пов'язано з тим, що у витоках Білого Черемошу проходить верхня межа поширення цих видів, і в долинах Перкалаби та Сарати вони відсутні [8].

На другому місці за площею розташовані угруповання лучного типу рослинності. В основному це після лісові луки, які сформувалися на місці розрубаних лісів і використані для пасовищ або сіножаті. Ці луки розташовані на виположених або слабо спадистих схилах [13].

У Чивчинах, неподалік від підніжжя хребта Чорний Діл у долині річки Сарата, розташована пам'ятка природи місцевого значення "Білий потік". Це присхилове болото, що утворилося на місці розливу однойменного потоку

карстового походження. Такі болота в Українських Карпатах характеризуються сфагновим евтрофним покривом, оскільки отримують живлення з вод, бідних на мінеральні речовини. Загалом, це карбонатне болото з характерними видами рослин і угрупованнями, які не зустрічаються в інших регіонах Українських Карпат. Тут росте Язичник Сибірський (*Ligularia sibirica*) трапляється на висоті 1000 м н. р. м. у верхів'ях Білого Черемошу.

НПП "Черемоський" славиться своєю багатою і різноманітною фауною. Лише безхребетних тварин тут налічується більше 5 тисяч видів, а хребетних - 147 видів, які представлені у 44 класах (зокрема, комахи представлені 24 рядами) і 16 типах. З них 34 види занесені до Червоної книги України, серед яких карась звичайний, карпатський, альпійський; тритони, саламандра плямиста, чорний лелека, кутора мала, ведмідь бурий та інші.

Крім того, 19 видів тварин занесені до Червоної книги Буковини, п'ять - до Червоного списку МСОП (мідниця альпійська, видра річкова, деркач, лосось дунайський, п'явка медична) і п'ять - до Європейського червоного списку (мінога українська, мідниця альпійська, видра річкова, лосось дунайський, п'явка медична).

Також у НПП "Черемоський" зареєстровано перебування 114 видів птахів. За статусом перебування, 106 (93,0%) представників належать до достовірно (ймовірно чи можливо) гніздових, з них 62 (58,5%) - перелітні, а 44 (41,9%) - залишаються зимувати. Пролітними є 2 (1,8%) види, а залітними - 6 (5,3%). Кілька десятків видів птахів ведуть повністю чи частково осілий спосіб життя. Серед найбільш характерних з них можна виділити великого яструба, малого яструба, тетерука, глухаря, орябка, волохатого сича, сичика-горобця, сіру сову, довгохвосту сову, сивого дятла, чорну жовну, звичайного дятла, трипалого дятла, сойку, горіхівку, крука, пронурка, кропивника, жовточубу золотомушку, гаїчку-пухляка, чубату синицю, чорну синицю, блакитну синицю, велику синицю, повзика, звичайного підкоришника, хатнього горобця, польового горобця, чижа, ялинового шишкаря, снігура, звичайну вівсянку [8, 27].

У класі "плазуни" на території Черемоського національного природного парку зафіксовано перебування 7 видів, що становить 70% від усього числа плазунів, що проживають у Чернівецькій області. Вони належать до 4 родин і 1 ряду. Особливу увагу потребують види, занесені до Червоної книги: мідянка та зелена ящірка, для яких необхідні першочергові заходи з охорони.

Клас «ссавці» – налічує: 58 видів, що становить близько 40% від загальної кількості видів ссавців, зареєстрованих в Україні.

Найпоширеніші ряди ссавців в НПП "Черемоський":

- Хижі: лисиця звичайна, вовк сірий, куниця лісова, борсук європейський, видра річкова, тхір лісовий, ласка.

- Гризуни: білка звичайна, лісовий вовчок, миша польова, миша лісова, нориця руда, щур сірий.

- Комахоїдні: їжак європейський, кріт звичайний, землерийка звичайна, рясоніжка велика.

- Рукокрилі: нічниця водяна, вухань звичайний, нетопир лісовий.

- Парнокопитні: козуля європейська, олень благородний, кабан дикий.

До рідкісних та зникаючих видів ссавців, які мешкають на території НПП "Черемоський", належать: ведмідь бурий, рись звичайна, кіт лісовий. видра річкова, борсук європейський [8].

Національний природний парк "Черемоський" відіграє надзвичайно важливу роль у збереженні біорізноманіття Карпатського регіону. Його унікальність полягає в природній красі та різноманітних екосистемах, які створюють ідеальні умови для життя та розвитку різноманітних видів флори й фауни. На території парку проживають багато рідкісних та ендемічних видів рослин і тварин, які потребують особливої уваги та захисту. Робота парку спрямована на збереження цих видів та їхніх природних середовищ шляхом впровадження ефективних програм охорони, проведення наукових досліджень та організації навчальних заходів

2.3. Зонування території НПП та його функціональне значення

Національний природний парк «Черемоський» є одним із найважливіших природоохоронних осередків Буковинських Карпат, який відіграє ключову роль у збереженні унікальних ландшафтів, рідкісних видів флори та фауни, а також у підтримці екологічної рівноваги регіону. Для ефективного управління його територією, що поєднує природоохоронну діяльність, рекреаційні можливості та наукові дослідження, застосовується принцип функціонального зонування. Це дозволяє чітко визначити правила використання окремих ділянок парку відповідно до їх природної цінності та рівня антропогенного навантаження.

Зонування території НПП «Черемоський» здійснюється відповідно до законодавчих норм України, зокрема Закону «Про природно-заповідний фонд», і включає чотири функціональні зони: заповідну, зону регульованої рекреації, зону стаціонарної рекреації та господарську зону.

Заповідна зона є найціннішою частиною парку, оскільки саме тут зосереджені незаймані природні екосистеми, що мають високу природоохоронну та наукову значущість. У цій зоні суворо заборонена будь-яка господарська діяльність: лісозаготівля, будівництво, прокладання транспортних шляхів, випасання худоби та інші форми антропогенного впливу. Відвідування території можливе виключно з науковою метою або для екологічного моніторингу. Заповідна зона є місцем збереження унікальних біоценозів, реліктових лісів, ендемічних видів рослин і тварин, які знаходяться під загрозою зникнення [23].

Зона регульованої рекреації передбачає можливість екологічного туризму, короткотривалого відпочинку та освітньо-виховних заходів, що сприяють популяризації природоохоронної діяльності. Тут облаштовані туристичні маршрути, екологічні стежки, панорамні оглядові майданчики та місця для спостереження за дикою природою. Відвідувачі можуть займатися пішохідним і велосипедним туризмом, катанням на конях, фотографуванням дикої природи та ознайомленням із ландшафтами Карпат, однак усе це відбувається за умов суворого дотримання екологічних вимог, щоб мінімізувати негативний вплив

людини на довкілля. Одним із ключових завдань цієї зони є гармонійне поєднання рекреаційного використання з охороною природних екосистем, що є особливо важливим у сучасних умовах антропогенного навантаження [20].

Зона стаціонарної рекреації відведена для організації комфортного тривалого відпочинку, що передбачає розміщення готелів, мотелів, кемпінгів, туристичних баз і рекреаційних комплексів. Ця зона орієнтована на залучення туристів, які прагнуть не лише насолодитися природними красотами, а й скористатися оздоровчими властивостями місцевого клімату. Тут активно використовуються такі натуропатичні методи терапії, як кліматотерапія, аеротерапія та ландшафтотерапія, що базуються на природних факторах – чистому гірському повітрі, особливому мікрокліматі та природних водних ресурсах. Відпочинок у цій зоні дозволяє поєднати релаксацію з оздоровленням, забезпечуючи позитивний вплив на організм людини [20].

Господарська зона включає території, які мають функціональне значення для обслуговування парку, а також забезпечення потреб місцевих громад, що проживають у межах або поблизу його території. Тут дозволена господарська діяльність, що не суперечить природоохоронному законодавству, включаючи традиційне природокористування, яке здійснюється в межах екологічно допустимих норм. До цієї зони належать адміністративні будівлі, комунальні об'єкти, дороги та деякі ділянки, що використовуються для лісгосподарських потреб

Зонування території парку є не лише технічним механізмом управління природоохоронними територіями, а й важливим екологічним інструментом, що забезпечує баланс між охороною довкілля та соціально-економічним розвитком регіону.

Чітке розмежування зон сприяє збереженню унікального природного середовища, забезпечує раціональне використання природних ресурсів, мінімізує антропогенне навантаження та дозволяє ефективно організовувати туристичну діяльність. Завдяки зонуванню вдається підтримувати екологічну рівновагу та сприяти сталому розвитку регіону.

Таким чином, функціональне зонування НПП «Черемоський» забезпечує оптимальне співвідношення між охороною природи та використанням території для рекреації, науки й освіти, створюючи гармонійні умови для збереження природних комплексів та розвитку екотуризму.

Отже, у результаті дослідження діяльності НПП «Черемоський» встановлено, що парк є важливим природоохоронним осередком у структурі заповідного фонду Карпатського регіону. Його створення стало відповіддю на потребу збереження рідкісних природних комплексів, біорізноманіття та культурної спадщини Буковини.

Науково обґрунтоване функціональне зонування забезпечує збалансоване поєднання охорони природи, наукової діяльності, екологічної освіти та рекреації. Екосистеми парку є осередком збереження численних видів флори й фауни, значна частина яких занесена до охоронних списків національного та міжнародного рівня.

Практичні результати свідчать про ефективність екологічного туризму як форми сталого природокористування, що не лише мінімізує антропогенне навантаження, а й сприяє розвитку місцевих громад. Завдяки поєднанню охоронних і просвітницьких заходів НПП «Черемоський» виконує функцію інтегрованої екосистемної платформи, що формує модель гармонійного співіснування людини і природи.

2.4 . Особливості природи території НПП «Черемоський»

Національний природний парк «Черемоський» був створений з метою збереження унікальних природних комплексів Буковинських Карпат, які мають значне природоохоронне, наукове, естетичне, освітнє, рекреаційне та оздоровче значення. Його територія охоплює рідкісні ландшафти, цінні екосистеми та геологічні формації, які відображають складну історію формування Карпатського регіону.

НПП «Черемоський» розташований у межах Мармароського кристалічного масиву і Полонинсько-Чорногірської геоморфологічної області та фрагментарно у Скибових Карпатах. У склад НПП включені передусім землі лісового фонду, які простягаються уздовж державного кордону з Румунією у межах східного ділянки Чивчинських гір та частини Яровицьких гір. У склад парку входять також 63 невеликі ділянки земель Карпатського ДЛГ АПК, які розкидані між зазначеним масивом і смт Путила. Головний масив НПП «Черемоський» розміщений у південно-східній частині Українських Карпат між долиною Білого Черемошу на північному сході і кордоном з Румунією на південному заході. Тут розташовані східна частина Чивчинських гір, які належать до Мармароського кристалічного масиву, та локальний масив Млаковитої–Яровиці. Останній належить до Яровицьких гір геоморфологічної області Полонинсько-Чорногірських Карпат. Західна та південно-західна межа парку проходить по долині р. Перкалаб, однієї з найбільших приток Білого Черемошу у верхній частині його басейну. Східна та північно-східна межа здебільшого простягається вододілом між басейнами річок Сарати і Яловичори. На півночі та північному-сході його межа звивиста, до території парку приєднані кілька масивів у басейнів Яловичори [17].

Рельєф НПП «Черемоський» є надзвичайно різноманітним, адже сформований унаслідок багатовікових геологічних процесів. Тут переважають пологі схили, округлі вершини та численні сліди давніх денудаційних процесів, які особливо помітні на хребтах Яровиця, Томнатикул, Мелеш, Нікітени та Млаковата. Значна частина парку складена з пісковиків, конгломератів, алевролітів та зелених сланців, що є типовими для Мармароського масиву. В межах парку поширені сучасні рельєфоутворювальні процеси: зсуви, ерозія, обвали та карстові явища. Високігірні райони відзначаються унікальними скельними масивами та природними печерами, серед яких – карстова шахта «Молочні браття» та печера «Едельвейс».

На території парку розташована одна з найвищих вершин Буковинських Карпат - гора Томнатик (1565 метрів над рівнем моря). Ця гора привертає туристів своєю

відомою колишньою військовою спорудою - РЛС "Памір". Також на горі Томнатик розташована найбільш високогірна святиня Буковинського краю - каплиця Святого Великомученика Євстафія Плакиди, який вважається покровителем та охоронцем тваринного світу. Ця каплиця знаходиться на висоті 1340 метрів над рівнем моря [31].

Територія НПП «Черемоський» має складну геологічну будову, оскільки знаходиться в межах п'яти структурно-фаціальних зон. Основна частина парку розташована на північно-східній периферії Мармароського кристалічного масиву, який є залишком давнього герцинського ядра Карпат.

У межах парку широко представлені пісковики, конгломерати, алевроліти та зелені сланці, що є типовими для Мармароського масиву. У південно-західній частині розміщена широка смуга відкладів крейдового періоду, сформована конгломератами, пісковиками та глинистими сланцями. Внаслідок тектонічних процесів, які відбувалися впродовж мільйонів років, тут сформувалися численні зсуви, обвали та ерозійні форми рельєфу, що визначають динаміку ландшафтів цього регіону.

На території Черемоського НПП залишилися сліди найдавнішої Полонинської денудаційної поверхні, абсолютні висоти якої становлять 1300–1600 м, а відносні – 900–1000 м. Такі ділянки є на хребтах Яровиця, Томнатикул, Мелеш, Нікітени, Млаковата. Нижче, на висотах 800–1000 м, можна виділити Підполонинську денудаційну поверхню (у Бескидах – Бескидська і Підбескидська). Їхній вік датують нижнім–середнім міоценом.

Територія Національного природного парку "Черемоський" відрізняється від інших парків складною геологічною будовою, оскільки знаходиться в межах п'яти структурно-фаціальних зон. Основна частина заповідного об'єкта знаходиться на північно-східній периферії Мармароського кристалічного масиву, який є давнім герцинським ядром Карпат, у зоні контакту трьох основних тектофаціальних зон. Решта ділянок заповідного об'єкта, що включені до території парку без вилучення у користувачів, розташовані в інших

складчастих структурах Карпатської гірської системи, у вигляді окремих ділянок [8].

Клімат парку є типовим для високогірних районів Буковинських Карпат і формується під впливом численних карпатських хребтів, які перешкоджають вільному доступу вологих атлантичних повітряних мас. Це створює континентальні кліматичні умови з помірно теплим літом та м'якою сніжною зимою. Так, середні температури січня тут складають $-7,5^{\circ}\text{C}$, лютого $-5,5^{\circ}\text{C}$. У березні спостерігається стрімкий ріст середніх температур повітря - до $-0,4^{\circ}\text{C}$. У квітні вони сягають вже $4,4^{\circ}\text{C}$ (за рахунок активної інсоляції) і можуть підвищуватись до 17°C і більше (переважно при фенових явищах). Середні температури травня майже такі, як і на рівнині - вони перевищують 10°C . Середня температура липня складає $15,2^{\circ}\text{C}$. Високі літні температури в окремі дні зумовлені антициклональними умовами та надходженням теплого повітря разом із вітрами східних румбів, що проникають у внутрішні гірські райони по долинах карпатських рік. Тоді (у липні-серпні) температура повітря в добре прогрітій долині може сягати 35°C . Специфіка гірського клімату зумовлює наявність заморозків на початку і в кінці літа: останній заморозок можливий в останній декаді червня, а перший - у кінці серпня - на початку вересня. Тривалість без морозного періоду може тривати від 76 до 140 днів. [32].

Завдяки гармонійному поєднанню гірських хребтів, густих лісів та стрімких річкових потоків, на території Національного природного парку «Черемоський» сформувалося унікальне біорізноманіття. Цей регіон слугує прихистком для численних представників європейської, сибірської та навіть арктичної фауни, що свідчить про його екологічну цінність та сприятливі природні умови.

Лісові угіддя парку є домівкою для таких великих хижаків, як бурий ведмідь (*Ursus arctos*), вовк (*Lupus*) та рись (*Lynx*), які відіграють важливу роль у підтриманні природного балансу екосистем. Окрім цього, у лісах мешкають косуля (*Capreolus capreolus*) та кабан (*Aper*), популяції яких стабільно відновлюються завдяки сприятливим умовам охорони. Річкові екосистеми парку

є не менш багатими: у чистих гірських потоках водяться лосось дунайський (*Danuvius salmon*) та райдужна форель (*Trutta*), що потребують кришталево чистої води, збагаченої киснем.

Одним із найцінніших ботанічних осередків парку є гора Великий Камінь, яка приховує унікальний феномен української флори – єдине в країні місце, де одночасно зростають три рідкісні червонокнижні рослини. Серед них – скереда Жакена (*Crepis jacquinii*), тирлич мішкоподібний (*Gentiana utriculosa*) та елізанта Завадського (*Elisanthe zawadzkyi* Herbich Klok). Ці рослини, пристосовані до суворих гірських умов, є справжніми природними реліквіями та науковою цінністю, що потребує особливих заходів охорони.

Лісові масиви парку представлені різними типами деревостанів, серед яких переважають букові, ялинові та смерекові ліси. Значну частину території займають старовікові насадження, що не лише формують характерний карпатський ландшафт, а й відіграють ключову роль у підтриманні водного балансу регіону та регулюванні місцевого клімату. Ці ліси є не лише екологічно цінними, але й становлять значний інтерес для ботаніків, адже зберігають генетичне різноманіття багатьох рідкісних видів дерев і чагарників.

Територія парку є не лише осередком збереження унікальних природних екосистем, але й територією, багатою на унікальні геологічні та гідрологічні утворення, серед яких:

- Шахта «Молочні браття» (глибина – 38 м, довжина – 56 м)
- Печера «Едельвейс» (глибина – 6,6 м, довжина – 24,5 м)
- Водоспад Кортузіанський (висота – 3,5 м)
- Карстові джерела в урочищі Білий Потік
- Скелі та скельні комплекси – Чорний Діл, Великий Камінь

Ці об'єкти є не лише важливими з точки зору збереження природної спадщини, а й становлять великий потенціал для розвитку екологічного туризму та наукових досліджень [32].

Таким чином, Національний природний парк «Черемоський» є унікальним природним комплексом Українських Карпат, який поєднує різноманітний рельєф, складну геологічну будову, специфічний клімат та багатий рослинний і тваринний світ. Його територія має виняткову наукову, природоохоронну та рекреаційну цінність, що робить його важливим об'єктом для збереження природного різноманіття та розвитку екотуризму в Україні.

Висновок до розділу 2

У другому розділі було проаналізовано історію створення, особливості функціонування, природні ресурси та структурну організацію Національного природного парку «Черемоський». Проведене дослідження підтвердило, що парк є унікальним природоохоронним осередком, створеним для збереження біорізноманіття, рідкісних ландшафтів, геологічних формацій та етнокультурної спадщини Буковинських Карпат.

Функціональне зонування території НПП забезпечує раціональний розподіл навантаження на природні комплекси, дозволяючи поєднувати охоронні, рекреаційні, наукові та господарські функції без шкоди для екосистем. Особлива увага приділяється заповідній зоні, яка виступає ядром збереження найбільш цінних природних ресурсів.

Парк вирізняється надзвичайно багатим біорізноманіттям: тут зростають сотні видів рослин, десятки з яких занесені до Червоної книги України та міжнародних червоних списків. Унікальні природні комплекси, зокрема старовікові кедрово-смерекові ліси, болотні угіддя, високогірні луки та карстові утворення, мають виняткову наукову та екологічну цінність.

Фауна парку представлена великою кількістю рідкісних і зникаючих видів тварин, включаючи великих хижаків, птахів, земноводних і риб, які є показниками екологічної стабільності регіону. Геологічна і кліматична різноманітність території зумовлює високу екосистемну складність та природну мозаїчність ландшафтів.

Таким чином, НПП «Черемоський» виступає ключовим елементом природно-заповідного фонду України, що поєднує охорону природи з розвитком екологічного туризму, наукових досліджень та екологічної освіти. Його діяльність сприяє сталому розвитку регіону, зміцненню екологічної безпеки та формуванню культури відповідального ставлення до довкілля.

РОЗДІЛ 3. МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Геопросторові дані та їх обробка в середовищі QGIS

Геопросторові дані є основою сучасних геоінформаційних систем (ГІС) і широко застосовуються в різних галузях науки, управління та бізнесу. Вони містять інформацію про просторове розташування об'єктів, їхні характеристики та динаміку змін у часі. Завдяки інтеграції просторових, атрибутивних і часових складових, геопросторові дані формують цілісну систему для комплексного аналізу та моделювання процесів у реальному середовищі (рис.3.1)



Рис. 3.1. Головні складові геопросторових даних.

Одним із найефективніших інструментів для роботи з геопросторовими даними є QGIS – потужна, гнучка та відкрита програмна платформа, що забезпечує широкий спектр можливостей для аналізу, візуалізації та обробки просторових даних. Завдяки підтримці різних форматів, інтеграції з хмарними сервісами, інструментам геостатистики та можливості автоматизації робочих процесів, QGIS є незамінним інструментом для науковців, аналітиків, містобудівників та інших фахівців, що працюють із просторовою інформацією.

Геопросторові дані складаються з трьох основних компонентів:

Просторова складова містить інформацію про розташування об'єктів або явищ у певній системі координат. Вона дозволяє визначити місцезнаходження об'єкта, його взаємозв'язок з іншими елементами, форму, розміри та відстані між ними (містить координати об'єктів, геометричні примітиви (точки, лінії, полігони) та топологічні зв'язки між об'єктами).

Атрибутивна складова містить інформацію про характеристики просторових об'єктів. Вона представлена у табличному вигляді й може включати

назву об'єкта, його функціональне призначення, а також кількісні або якісні параметри. Атрибутивні дані є найоб'ємнішою частиною геопросторових даних і відіграють ключову роль в ідентифікації об'єктів та аналізі їхніх властивостей.

Часова складова – це інформація, яка характеризує зміни об'єктів або явищ у часі. Вона додає новий вимір до геопросторових даних, роблячи їх чотиривимірними, що дозволяє більш детально аналізувати динаміку процесів і явищ у просторі та часі. Основні аспекти часової складової це: точний час події, часові інтервали та часові тренди.

У QGIS всі ці складові інтегруються для створення багат шарових карт, що дозволяє гнучко працювати з просторовими об'єктами та їхніми характеристиками.

Залежно від типу просторового представлення геопросторові дані поділяються на векторні та растрові. Векторні дані є одним із найпоширеніших типів, що використовуються для моделювання об'єктів у просторі за допомогою геометричних примітивів, таких як точки, лінії та полігони. У QGIS вони можуть бути представлені у форматах SHP, GeoJSON, KML та інших.

Основними перевагами векторних геопросторових даних є:

- можливість аналізу топологічних зв'язків, що є важливим аспектом просторових характеристик;
- висока точність і деталізованість у відображенні об'єктів;
- компактність, оскільки вони займають значно менший обсяг пам'яті порівняно з растровими даними, що сприяє швидшій обробці;
- здатність до масштабування без втрати якості;
- простота редагування, яка дозволяє змінювати або додавати нові об'єкти без впливу на загальну структуру даних та можливість збереження та використання атрибутивної інформації

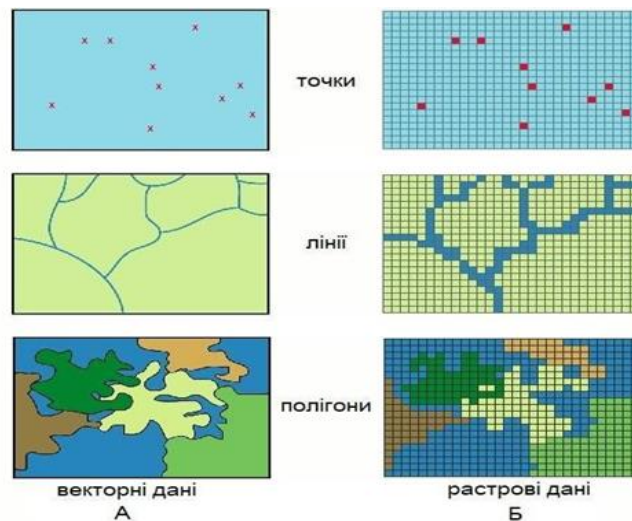


Рис. 3.2. Типи геопросторових даних за типом просторового представлення.

Растрові геопросторові дані представлені у вигляді сітки пікселів, де кожен піксель містить числове значення певної змінної, наприклад, температури, висоти або концентрації забруднень. Вони є незамінними для аналізу безперервних природних явищ, таких як рельєф місцевості, атмосферні процеси або екологічні зміни. Основними перевагами растрових даних є їхня здатність до точного відображення безперервних явищ, простота зберігання та обробки, а також можливість створення високоякісних карт із плавними градаціями кольорів і тіней, що підвищує їхню візуальну наочність. QGIS підтримує роботу з растровими шарами у форматах GeoTIFF, JPEG2000, NetCDF тощо [29].

За рівнем доступності геопросторові дані можна поділити на відкриті, обмежені (або ліцензовані), конфіденційні та автентичні. Відкриті геопросторові дані надаються для вільного використання, редагування та розповсюдження без значних правових чи технічних обмежень. Уряди багатьох країн, наукові організації та приватні компанії все частіше забезпечують відкритий доступ до геопросторових даних, зокрема щодо землекористування, екологічних показників, цифрових топографічних карт тощо. Така політика сприяє розвитку економічних, соціальних та екологічних ініціатив. Одними з найпопулярніших платформ, що надають доступ до геопросторових даних, є NASA Earth Observation Data, Copernicus Open Access Hub, USGS Earth Explorer та інші, які

забезпечують дослідників, інженерів і громадськість необхідними даними для проведення аналітичних досліджень та розробки інноваційних рішень.

Геопросторові дані можуть надходити з різних джерел, кожне з яких має свої переваги та сфери застосування. Сучасні геоінформаційні системи, такі як QGIS, дозволяють працювати з широким спектром геопросторових даних, зокрема супутниковими знімками, оцифрованими картами, GPS-даними та відкритими джерелами, такими як OpenStreetMap.

Супутникові знімки є одним із найважливіших джерел геопросторової інформації, оскільки вони дозволяють отримувати актуальні дані про стан земної поверхні, зміну ландшафтів, екологічні процеси та урбаністичний розвиток. Відкритий доступ до супутникових знімків забезпечують такі платформи, як USGS Earth Explorer, Sentinel Hub, Copernicus Open Access Hub, що дають змогу завантажувати та використовувати супутникові зображення для просторового аналізу. У QGIS ці дані можуть бути підключені безпосередньо через спеціальні плагіни або завантажені у вигляді онлайн-шарів WMS, що дозволяє виконувати аналіз змін у просторі та часі.

Оцифровані карти - традиційні паперові карти, які були переведені в цифровий формат для подальшої роботи у геоінформаційних системах. Вони можуть містити топографічні, кадастрові, гідрографічні та інші тематичні шари, що дозволяє інтегрувати їх з іншими геопросторовими даними. У QGIS растрові карти можна геоприв'язувати, поєднувати з векторними даними та використовувати для аналізу просторових об'єктів.

GPS-дані – дані польових досліджень у зборі точних географічних координат у реальному часі. Геодезисти, екологи, міські планувальники та інші фахівці використовують GPS-приймачі або мобільні пристрої для збору координат точкових, лінійних або полігональних об'єктів. У QGIS можна імпортувати GPS-дані у форматах GPX, KML, CSV та інших, що дає змогу аналізувати маршрути, прокладати шляхи та визначати зміни у місцевості.

Одним із найпопулярніших відкритих джерел геопросторових даних є OpenStreetMap (OSM) – глобальна краудсорсингова база географічної

інформації, яка містить векторні шари доріг, будівель, річок, адміністративних меж та багатьох інших об'єктів. Дані OSM є відкритими та безкоштовними, що робить їх цінним ресурсом для картографічних та аналітичних проєктів. У QGIS можна використовувати плагін QuickOSM, який дозволяє швидко завантажувати потрібні шари OSM та виконувати їх подальший аналіз.

Робота з геопросторовими даними вимагає комплексного підходу, оскільки містить низку технічних, методологічних та інфраструктурних викликів. Попри зростаючу доступність таких даних і розвиток геоінформаційних систем, зокрема QGIS, користувачі часто стикаються з проблемами якості, обмеженої доступності, технічних бар'єрів, сумісності форматів та необхідності автоматизації процесів для ефективної обробки великих масивів інформації.[5].

Одним із ключових аспектів роботи з геопросторовими даними є їхня якість, яка визначає точність аналізу та надійність кінцевих результатів. Джерела помилок можуть бути різноманітними: похибки вимірювань, застарілість інформації або недостатня деталізація. Наприклад, супутникові знімки часто страждають від хмарного покриття, GPS-дані можуть мати значні відхилення, а краудсорсингові платформи, такі як OpenStreetMap, містять неточності через внесення інформації користувачами без ретельної перевірки. Для розв'язання цих проблем у QGIS передбачені інструменти для перевірки топологічної узгодженості, виправлення помилок і покращення якості просторових даних шляхом редагування атрибутів та калібрування джерел.

Ще одним важливим викликом є доступність геопросторових даних. Попри існування численних відкритих джерел, доступ до високоякісних наборів, таких як детальні супутникові знімки, комерційні топографічні карти або дані про міську забудову, часто обмежений або потребує фінансових витрат. Крім того, юридичні бар'єри, встановлені державними органами та інституціями, можуть ускладнювати дослідження та аналітичну діяльність. У QGIS можна використовувати відкриті картографічні сервіси, такі як NASA Earth Explorer або Sentinel Hub, однак для роботи з більш детальними комерційними даними можуть знадобитися спеціальні підписки або ліцензії.

Окрім доступності, ефективність роботи з геопросторовими даними значною мірою залежить від технічних обмежень. Великі обсяги інформації, зокрема супутникові знімки високої роздільної здатності або складні векторні шари, вимагають значних обчислювальних ресурсів. Для швидкої та ефективної обробки таких даних потрібні потужні процесори, велика оперативна пам'ять і SSD-накопичувачі, оскільки традиційні жорсткі диски можуть значно уповільнювати робочі процеси. Використання хмарних сервісів і можливість обробки геопросторових даних на віддалених серверах у QGIS допомагають зменшити навантаження на локальні ресурси.

Серед важливих викликів також слід відзначити сумісність форматів геопросторових даних. Сучасний геоінформаційний простір містить велику кількість стандартів, зокрема SHP, GeoJSON, KML, GPX, WMS, що не завжди легко інтегруються між собою. У QGIS підтримується широкий спектр форматів, але інколи необхідна додаткова конвертація або налаштування параметрів для забезпечення коректного відображення та подальшої обробки даних.

QGIS підтримує інтеграцію інструментів штучного інтелекту, таких як TensorFlow, Deep Learning Tools, ORFEO Toolbox, що дозволяє автоматизувати обробку супутникових знімків, розпізнавання об'єктів та класифікацію просторових даних. Поєднання технологій Big Data та геоінформаційних систем відкриває можливості для аналізу великих обсягів інформації в реальному часі, що особливо актуально для екологічного моніторингу, містобудування та управління природними ресурсами. Яскравим прикладом успішного застосування ШІ у сфері геоінформаційних даних є автоматичне розпізнавання змін на супутникових знімках за допомогою глибоких нейронних мереж. Наприклад, після землетрусу в Туреччині 2023 року алгоритми штучного інтелекту на основі супутникових даних за лічені години провели оцінку масштабів руйнувань, тоді як традиційні методи потребували б значно більше часу. Подібні технології можуть бути інтегровані у QGIS для автоматичного оновлення карт, моніторингу екологічних змін або аналізу міської забудови [18].

Застосування Геопросторового штучного інтелекту (GeoAI) дає змогу вирішувати завдання, які раніше потребували значних людських ресурсів. Наприклад, алгоритми можуть прогнозувати зміни у природному середовищі, аналізувати транспортні потоки, автоматизувати процеси картографування та класифікації ландшафтів. У поєднанні з можливостями QGIS це відкриває нові перспективи для ефективного використання просторових даних у різних сферах – від містобудування та екології до сільського господарства, геомаркетингу та управління кризовими ситуаціями.

Отже, робота з геопросторовими даними має низку перешкод, пов'язаних із якістю, доступністю, технічними обмеженнями та сумісністю форматів. Проте завдяки розвитку методів автоматизації, інтеграції штучного інтелекту та використанню потужних аналітичних інструментів у QGIS, більшість цих проблем можна вирішити. Сучасні технології дозволяють значно підвищити ефективність роботи з геопросторовими даними та зробити їх більш доступними для наукових, комерційних та управлінських завдань.

3.2. Використання браузера Copernicus для супутникового моніторингу

Супутниковий моніторинг відіграє ключову роль у сучасних дослідженнях навколишнього середовища, містобудуванні, аграрному секторі та управлінні надзвичайними ситуаціями. Серед його основних переваг виділяють об'єктивність і достовірність, оглядовість і детальність, актуальність, високу періодичність, оперативність, багатоспектральний характер спостережень та багатогалузевість використання [23].

Одним із найбільш потужних інструментів для доступу до супутникових даних є браузер Copernicus, який надає користувачам високоякісні знімки Землі в режимі реального часу, а також ретроспективні дані з місії Sentinel. Завдяки відкритому доступу та інтеграції з геоінформаційними системами (ГІС),

Copernicus став важливим ресурсом для наукових досліджень, моніторингу природних ресурсів та прогнозування кліматичних змін.

Програма Copernicus була створена у 2014 році в межах ініціативи Європейського Союзу (ЄС) щодо дослідження навколишнього середовища та питань безпеки. Її діяльність спрямована на безперервний, всебічний та високоточний моніторинг Землі, що здійснюється за допомогою супутникових, наземних, повітряних і морських спостережень [16].

Одним із основних способів попередньої перевірки відповідності супутникових даних запитам користувачів є візуалізація. Браузер Copernicus пропонує інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, що дозволяє швидко здійснювати пошук, аналіз та перегляд супутникових знімків. Вбудовані інструменти дають змогу аналізувати супутникові знімки без необхідності завантаження на локальний комп'ютер, що значно спрощує доступ до інформації для широкого кола користувачів – від науковців до державних установ та приватного сектору. Браузер Copernicus підтримує різні способи завантаження зображень та даних через графічний інтерфейс користувача (GUI – graphical user interface), включаючи швидкий перегляд зображень з низькою роздільною здатністю, аналітичні набори даних, анімацію часових рядів або завантаження неопрацьованих (сирих) знімків [16; 37]

Copernicus надає доступ до даних із різних супутникових місій Sentinel, кожна з яких виконує певні функції:

- Sentinel-1 – радарні знімки незалежно від погодних умов і часу доби, що важливо для моніторингу повеней, льодовиків та деформацій земної поверхні.

- Sentinel-2 – високоточні оптичні знімки, що застосовуються для аналізу рослинного покриву, контролю вирубки лісів та моніторингу якості води.

- Sentinel-3 – спостереження за океанами, температурою поверхні та змінами в атмосфері.

- Sentinel-5P – дані про стан забруднення повітря.

Завдяки підтримці різних форматів даних, таких як GeoTIFF, NetCDF, Copernicus дозволяє експортувати отримані матеріали для подальшого аналізу.

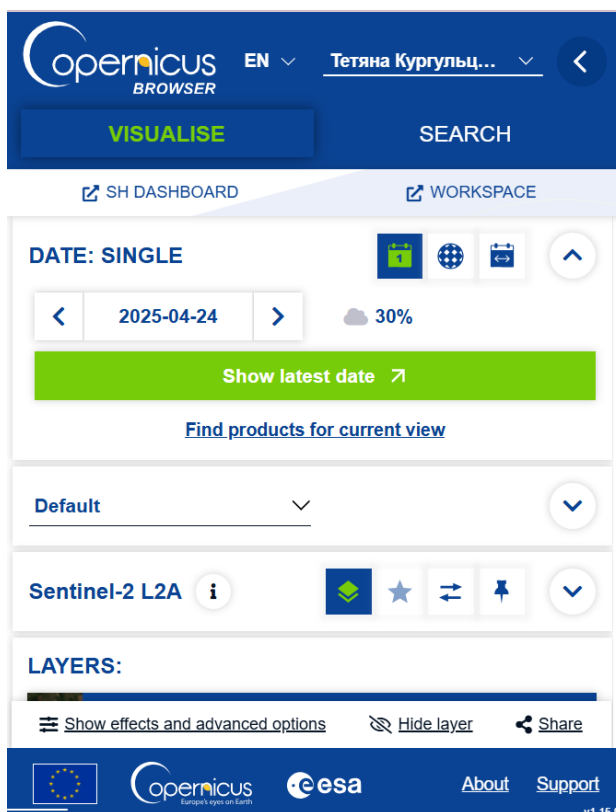


Рис.3.3 Інтерфейс браузера Copernicus

Однією з головних переваг Copernicus є відкритість та безкоштовний доступ до супутникових даних, що робить його надзвичайно привабливим для дослідників та аналітиків. У порівнянні з комерційними платформами, такими як Planet або Maxar, Copernicus надає великі обсяги даних без фінансових бар'єрів, що дозволяє використовувати його для довгострокових проєктів, екологічного моніторингу та кризового реагування.

Ще однією важливою особливістю є регулярне оновлення даних. Наприклад, місії Sentinel-2 оновлюють знімки певних регіонів кожні 5 днів, а Sentinel-1 – ще частіше, що дозволяє оперативно відстежувати зміни на поверхні Землі. Це робить браузер Copernicus незамінним у ситуаціях, коли необхідно швидко реагувати на природні катастрофи, такі як лісові пожежі, повені або викиди небезпечних речовин[32].

Copernicus також підтримує інтеграцію з геоінформаційними системами (QGIS, ArcGIS), що дає змогу завантажувати та аналізувати супутникові знімки у спеціалізованому програмному забезпеченні. Завдяки підтримці таких форматів, як GeoTIFF та NetCDF, користувачі можуть безпосередньо працювати з

великомасштабними геоданими, виконувати автоматизований аналіз та будувати моделі змін у довкіллі.

Попри значні переваги, використання Copernicus має і певні виклики. Одним із них є великий обсяг супутникових даних, який може ускладнювати їхню обробку для користувачів із обмеженими технічними ресурсами. Високоточні знімки можуть займати десятки гігабайтів, що потребує потужного комп'ютерного обладнання або використання хмарних обчислень. Ще одним аспектом є складність інтерпретації супутникових даних. Для точного аналізу необхідно володіти методами дистанційного зондування, розуміти принципи спектрального аналізу та вміти працювати з алгоритмами машинного навчання для автоматичної обробки знімків. Важливу роль тут відіграють інструменти штучного інтелекту (ШІ), які можуть автоматизувати класифікацію ландшафтів, виявлення аномалій або прогнозування змін довкілля.

Юридичні аспекти також можуть бути бар'єром. Деякі держави та установи встановлюють обмеження на використання супутникових знімків, особливо тих, що стосуються оборонних об'єктів або стратегічно важливих територій. Хоча сам браузер Copernicus надає відкритий доступ до даних, користувачам необхідно враховувати можливі законодавчі обмеження при використанні інформації[16].

Завдяки впровадженню сучасних технологій, таких як машинне навчання та обробка великих даних (Big Data), Copernicus стає основою для автоматизованих систем аналізу супутникових знімків. Використання алгоритмів штучного інтелекту дозволяє автоматично виявляти зміни на поверхні Землі, класифікувати типи покриття територій та прогнозувати екологічні ризики. Прикладом успішного застосування таких технологій є автоматичне виявлення лісових пожеж за допомогою Sentinel-2. Алгоритми штучного інтелекту аналізують температурні аномалії та інфрачервоні знімки, що дозволяє миттєво ідентифікувати потенційні осередки займання. Подібні методи можуть застосовуватися і в моніторингу міського розростання, прогнозуванні змін клімату та аналізі впливу людської діяльності на природні екосистеми. Браузер

Copernicus є потужним інструментом для супутникового моніторингу, що надає користувачам доступ до актуальних і високоякісних даних без фінансових бар'єрів. Завдяки регулярному оновленню супутникових знімків, інтеграції з ГІС-системами та можливостям автоматизованого аналізу, ця платформа відкриває широкі можливості для моніторингу навколишнього середовища, управління природними ресурсами та прогнозування глобальних змін.

Використання браузера Copernicus у дослідженнях НПП «Черемоський» дозволяє відстежувати динаміку змін лісового покриву, аналізувати стан природних екосистем та виявляти загрози, пов'язані з антропогенним впливом. Супутникові дані дозволяють виявляти незаконні вирубки лісу, оцінювати масштаби деградації екосистем та визначати ділянки, що потребують першочергової охорони. Інтеграція з геоінформаційними системами, такими як QGIS, забезпечує можливість створення картографічних моделей, проведення просторового аналізу та розробки рекомендацій для ефективного управління територією парку.

3.3. Верифікація даних та аналіз отриманих результатів

Верифікація геоінформаційних та супутникових даних є необхідним етапом дослідження, що дозволяє оцінити точність, достовірність та відповідність отриманих даних реальним характеристикам досліджуваних об'єктів. Процес перевірки включає аналіз якості знімків, їхню порівняльну оцінку з іншими джерелами, аналіз часових рядів, а також порівняння з даними польових досліджень або геодезичних вимірювань.

Верифікація даних є важливою складовою аналізу, оскільки похибки, що виникають у процесі дистанційного зондування, можуть впливати на кінцеві результати дослідження. Основними факторами, що можуть спричинити неточності у геопросторових даних, є:

1. Атмосферні перешкоди, такі як хмарність або аерозолі, що можуть впливати на якість знімків.
2. Технічні похибки супутникових датчиків, включаючи варіації у роздільній здатності та спектральній корекції.
3. Неточності географічної прив'язки через різницю у системах координат або похибки при злитті даних із різних джерел.
4. Людський фактор у процесі розмітки, калібрування або обробки отриманих результатів.

Для мінімізації зазначених похибок застосовується багаторівневий процес верифікації, що включає перевірку якості даних, перехресне порівняння з іншими картографічними сервісами, аналіз часових рядів та, за можливості, польову верифікацію.

Оцінка якості супутникових даних здійснюється шляхом аналізу їхньої роздільної здатності, рівня деталізації, а також відповідності просторовим і спектральним характеристикам. Зокрема, супутникові знімки Sentinel-2 мають роздільну здатність від 10 до 60 метрів залежно від каналу спостереження, що впливає на точність розпізнавання об'єктів та деталей ландшафту. Однією з основних проблем при аналізі оптичних знімків є наявність хмарного покриття, що може ускладнювати розпізнавання об'єктів на поверхні Землі. Для мінімізації цього впливу використовуються методи корекції атмосферних впливів, такі як:

–Аналіз спектральних індексів (NDVI, EVI, SAVI), що дозволяють ідентифікувати рослинний покрив навіть за умов часткової хмарності.

–Фільтрація за рівнем хмарності, що дозволяє виключити знімки з високим рівнем атмосферних перешкод.

–Поєднання даних із різних часових зрізів, що дає змогу компенсувати втрати інформації через метеорологічні умови.

Для забезпечення високої точності геопросторових досліджень важливим етапом є перехресна перевірка отриманих супутникових даних з альтернативними картографічними ресурсами. Оскільки супутникові знімки можуть містити похибки, спричинені технічними обмеженнями датчиків,

атмосферними умовами або неточностями географічної прив'язки, їхня достовірність потребує ретельної перевірки. Перехресне порівняння допомагає визначити, наскільки отримані дані відповідають реальній картині місцевості та чи можуть вони використовуватися для подальшого аналізу без суттєвих коригувань.

Важливими інструментами для такої перевірки є Google Earth, що надає можливість візуальної оцінки відповідності супутникових знімків реальному вигляду території. Завдяки високій роздільній здатності ортофотопланів та архівним знімкам цей сервіс дозволяє аналізувати зміну об'єктів у часі, оцінювати розташування природних і штучних структур та порівнювати їх із даними, отриманими через супутниковий моніторинг. Якщо виявляються розбіжності у розташуванні чи формах об'єктів, це може свідчити про похибки в географічній прив'язці даних або про зміни, які відбулися після знімання.

OpenStreetMap (OSM) – відкрита картографічна платформа, що містить детальну інформацію про дороги, будівлі, водойми, рельєф та інші географічні об'єкти. Вона формується на основі внесків користувачів, що дає змогу отримувати актуальні дані, особливо в регіонах, де комерційні карти можуть бути застарілими. Використання OSM у перехресному аналізі дозволяє перевірити, наскільки отримані супутникові знімки корелюють із картографічною інформацією та чи існують відхилення у контурах об'єктів.

Sentinel Hub та NASA WorldView – для оцінки супутникових даних з різних місій. Вони надають доступ до супутникових даних із різних місій, зокрема Sentinel-1, Sentinel-2 та Landsat, що дає змогу отримати додаткову інформацію щодо змін на досліджуваній території. Зокрема, Sentinel Hub дозволяє виявляти розбіжності між даними різних сенсорів, порівнювати багатоспектральні знімки та використовувати індекси вегетації (NDVI, EVI) для оцінки стану рослинності або земельних угідь. NASA WorldView, у свою чергу, дозволяє переглядати супутникові знімки в глобальному масштабі, що особливо корисно для оцінки великих територій та моніторингу природних явищ, таких як пожежі, повені чи зміни берегової лінії.

Перехресна перевірка супутникових даних із цими альтернативними джерелами дає змогу виявити можливі розбіжності у розташуванні об'єктів, уточнити межі природних чи урбаністичних утворень, оцінити якість геопросторових даних та за необхідності виконати коригування перед подальшим аналізом. Такий підхід значно підвищує точність дослідження, дозволяє усунути можливі неточності в геопросторових даних та гарантує більш достовірні результати для подальших наукових або практичних застосувань.

Аналіз часових змін є ключовим інструментом у дослідженнях динамічних процесів, таких як урбанізація, вирубка лісів, динаміка водних ресурсів чи сільськогосподарських змін.

Для оцінки змін на досліджуваній території застосовуються такі методи:

1. Порівняння супутникових знімків за різні періоди часу – дозволяє ідентифікувати зміни у покритті території, визначати швидкість урбанізації або динаміку екологічних процесів.
2. Аналіз трендів за спектральними індексами (наприклад, NDVI) – використовується для оцінки змін у рослинності, сільському господарстві або екосистемах.
3. Автоматизована обробка даних із застосуванням ГІС-інструментів для визначення змін за допомогою алгоритмів машинного навчання та класифікації знімків [22].

Дані підходи дозволяють отримати якісні результати та забезпечити точність інтерпретації змін, що відбуваються у досліджуваному регіоні.

Остаточне підтвердження достовірності отриманих супутникових даних можливе лише за умови їхньої верифікації шляхом польових спостережень та GPS-вимірювань. Цей метод дозволяє порівняти результати дистанційного зондування з фактичним станом об'єктів на місцевості, що є критично важливим для оцінки точності аналізу. Зокрема, при дослідженні сільськогосподарських угідь або лісових масивів використання супутникових знімків має бути доповнене наземними обстеженнями, що дає змогу більш точно визначити відповідність рослинного покриву реальним даним, перевірити точність меж

ділянок, визначених за допомогою дистанційного зондування, та оцінити кореляцію між супутниковими даними і фактичними характеристиками місцевості. Визначення рівня похибок здійснюється шляхом порівняння координат, отриманих із супутникових знімків, із GPS-даними, що дозволяє оцінити відхилення та визначити допустимий рівень неточностей [18].

Отже, верифікація даних є невід’ємним етапом аналізу геоінформаційних та супутникових знімків. Її проведення дозволяє знизити ризик похибок, підвищити точність аналізу та забезпечити високу якість отриманих результатів.

Висновок до розділу 3

У третьому розділі було розглянуто методологічну базу та практичні інструменти, що застосовувалися у дослідженні території НПП «Черемоський» з використанням сучасних геоінформаційних технологій. Проведено глибокий аналіз принципів роботи з геопросторовими даними у середовищі QGIS, що дало змогу створити якісну картографічну основу дослідження, виявити просторові закономірності та здійснити аналіз змін у природному середовищі.

Особливу увагу приділено використанню браузера Copernicus для супутникового моніторингу. Завдяки відкритому доступу до даних місій Sentinel та можливості інтеграції з ГІС, було забезпечено оперативний доступ до високоякісних супутникових знімків, що дозволило оцінити динаміку змін лісового покриву, виявити ділянки з порушенням природного середовища та сформувати основи для подальшого моніторингу екосистем парку.

Ключовим етапом дослідження стала верифікація отриманих даних, що включала аналіз супутникових знімків із відкритими картографічними сервісами (Google Earth, OpenStreetMap), аналіз часових змін та, за можливості, польову перевірку. Це дозволило підвищити достовірність результатів, мінімізувати ризики похибок і забезпечити обґрунтованість висновків.

Таким чином, застосування ГІС-технологій, супутникового моніторингу та багаторівневої верифікації даних дозволило здійснити комплексне просторове дослідження території НПП «Черемоський», що є актуальним прикладом ефективного використання сучасних цифрових інструментів для охорони природи, екологічного моніторингу та просторового аналізу.

РОЗДІЛ 4. МОНІТОРИНГ ЗМІН ЛІСОВКРИТИХ ДІЛЯНОК НПП «ЧЕРЕМОСЬКИЙ» ТА СУСІДНІХ ТЕРИТОРІЙ

4.1.Динаміка змін лісовкритих площ

Лісові екосистеми Карпатського регіону, зокрема Буковинських Карпат, відіграють ключову роль у підтриманні кліматичного балансу, збереженні біорізноманіття та забезпеченні сталого природокористування. Однак упродовж останніх десятиліть спостерігається динамічне зменшення або трансформація площ, вкритих лісом, що зумовлено як природними, так і антропогенними чинниками. У цьому розділі розглядаються тенденції змін лісовкритих територій, їх основні причини та наслідки для екологічної рівноваги Карпат.

В рамках дипломного дослідження здійснений аналіз на основі топографічних карт масштабом: 1:25000;1:50000 та супутникових знімків 2017 та 2024 року.

Проаналізуємо динаміку знеліснення та заліснення території Черемоського НПП за отриманими картосхемами.

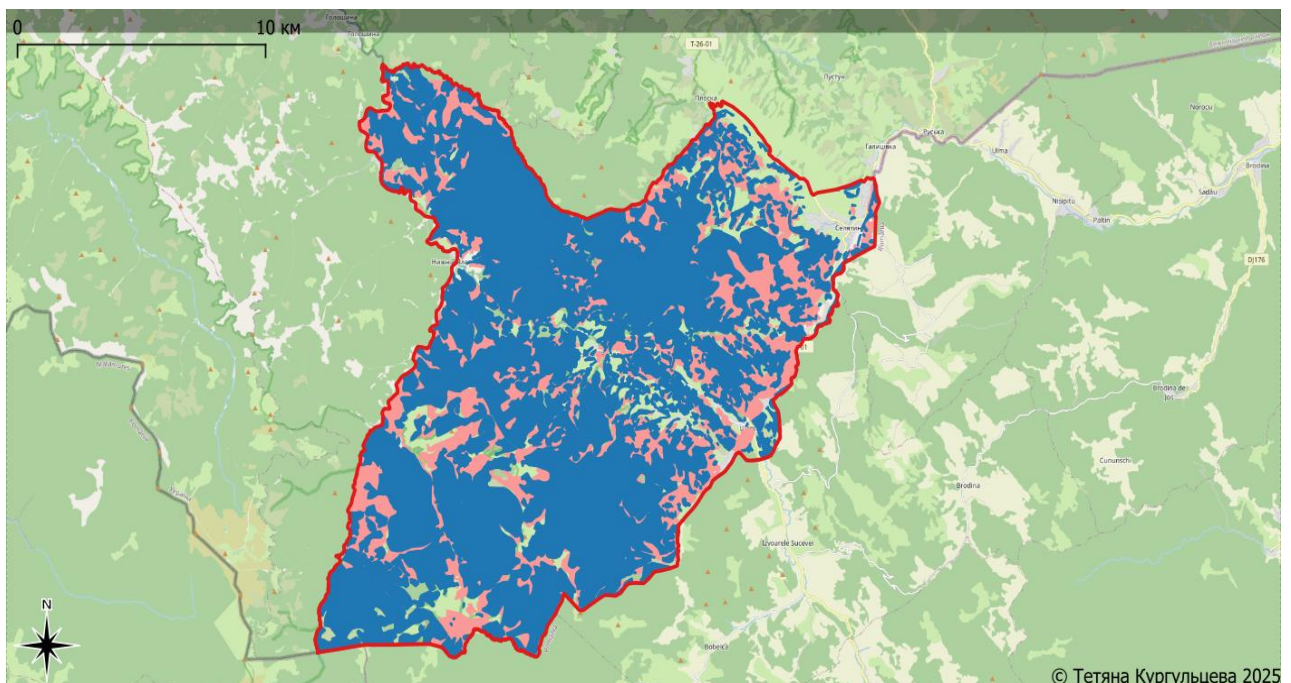


Рис. 4.1 Динаміка знеліснення території Черемоського національного природного парку у 1948-1960 роки – 2017 роках

Позначення: синій колір — межі лісового покриву станом на 2017 рік;
рожевий колір — ділянки, заліснені у період 1948 - 1960 роки.

Джерело: власна розробка на основі даних супутникового моніторингу в QGIS.

Загальна характеристика карти та динаміки знеліснення Черемоського НПП у 1948–1960рр.- 2017 роках

Часові рамки дослідження.

Спочатку ми здійснили порівняння лісовкритих ділянок між періодом 1948–1960 років (позначено рожевим кольором) і 2017 роком (позначено синім кольором). Це дало змогу проаналізувати зміни у структурі та площі лісів протягом семи десятиліть.

Стан лісового покриву (за топографічними картами 1948–1960 рр. (рожевий колір):

Аналіз даних картографічних джерел дозволив нам встановити, що в середині ХХ ст. суцільні лісові масиви покривали майже всю територію парку. Лісові площі мали цілісний характер із мінімальними розривами, що свідчить про незначні масштаби вирубки лісу. Це були переважно природні ліси, що забезпечували стійкість екосистеми, запобігали ерозії ґрунтів і підтримували водний баланс.

2017 рік (синій колір):

Помітне зменшення лісового покриву на значній частині території. Найбільші втрати фіксуються в центральній і південній частинах парку. Лісові ділянки набули мозаїчного характеру: з'явилося багато ізольованих фрагментів лісу, що свідчить про поступове і нерівномірне знеліснення. Північна та західна частини зберегли більші лісові масиви, але й тут фіксуються ознаки деградації. Південний схід зазнав значного антропогенного впливу. Можливі причини знеліснення

Упродовж останнього століття ліси Карпатського регіону, зокрема Буковинських Карпат, зазнали значного тиску з боку людини. Найбільш масштабними були вирубки лісів, пов'язані з потребами лісової промисловості, розширенням сільськогосподарських угідь, пасовищ і будівництвом транспортної

інфраструктури. Ситуацію ускладнювали і незаконні вирубки, які стали особливо поширеними в другій половині XX століття. Окрім людського впливу, значну роль у зменшенні лісовкритих площ відігравали і природні чинники: зсуви, ерозійні процеси, буревії та повені неодноразово призводили до локального знищення лісових масивів.

Наслідки цих процесів відчутні й сьогодні: втрата лісів спричинила зменшення біорізноманіття, деградацію ґрунтів, порушення гідрологічного режиму та загальне зниження стійкості екосистем. Розрив безперервного лісового покриву призводить до фрагментації середовищ існування багатьох видів, що підвищує ризик їх зникнення. Водночас, зниження вологості повітря, підвищення температури та часті паводки є прямим наслідком порушеної екологічної рівноваги. У цьому контексті надзвичайно важливим є забезпечення дієвої охорони залишків природних лісів. Карта лісового покриву Черемоського НПП наочно демонструє як масштаби антропогенного впливу, так і можливості для відновлення лісів за умови грамотного природоохоронного управління.

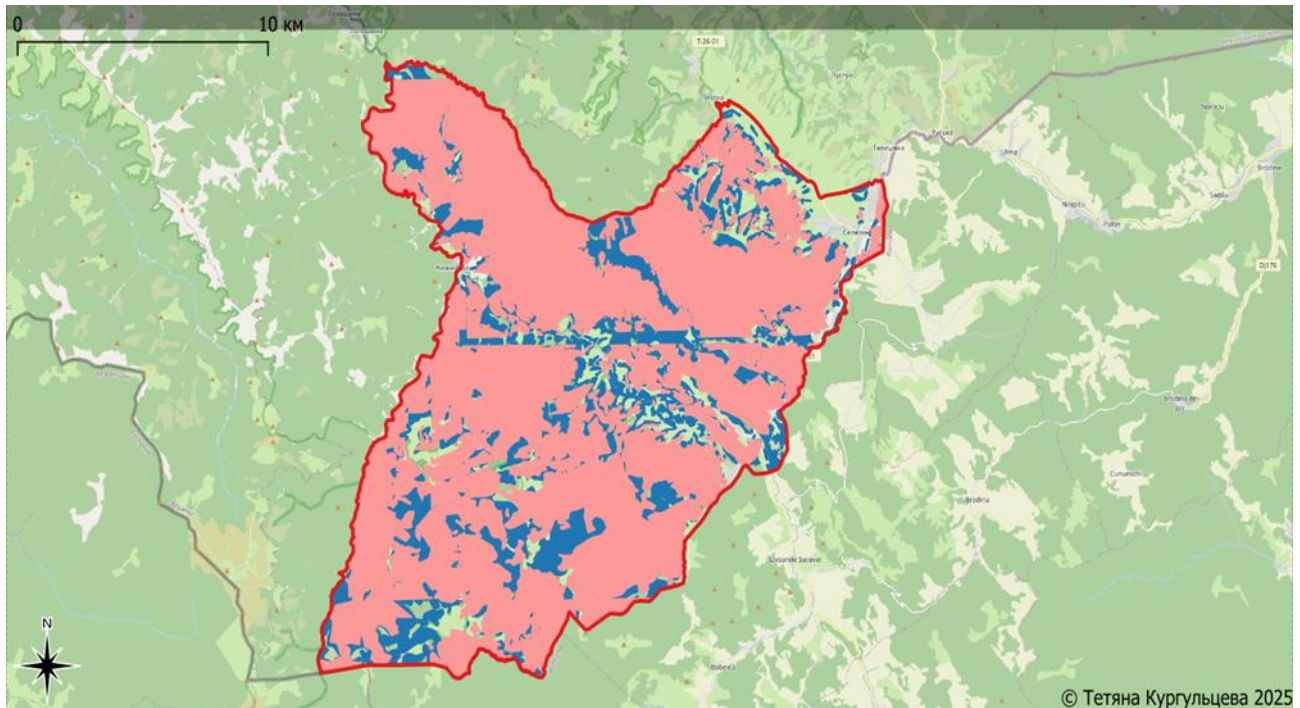


Рис. 4.5. Динаміка заліснення Черемоського національного природного парку за період 2017р.- 1948–1960 рр.

Позначення: рожевий колір — межі лісового покриття 1948–1960 років; синій колір — межі лісу станом на 2017 рік. Джерело: власна розробка в QGIS.

Динаміка заліснення території Черемоського національного природного парку у 2017 році та 1948-1960 роках.

Аналіз змін лісовкритих ділянок Черемоського національного природного парку проведено шляхом порівняння векторизованих даних з карт середини ХХ століття (1948–1960 рр.) та сучасних супутникових зображень за 2017 рік. Візуалізацію та просторовий аналіз здійснено у програмному середовищі **QGIS** на основі накладання тематичних шарів.

На рис. 4.5 представлено карту з двома часовими шарами:

рожевий колір — межі лісів за даними карт 1948–1960-х років;

синій колір — сучасні межі лісів станом на 2017 рік.

Межі досліджуваної території Черемоського НПП окреслені **червоним контуром**, що дозволяє здійснити цільове оцінювання змін у межах охоронюваної території.

Упродовж кількох останніх десятиліть на території НПП «Черемоський» спостерігається цікава динаміка щодо змін лісового покриву. У багатьох частинах парку лісів стало більше — нові насадження з'явилися на місці старих луків, полонин або залишених ділянок, де раніше могли випасатися тварини чи оброблятися землі. Особливо це помітно поблизу села Шепіт, у південній частині парку, де ліс почав поширюватися за межі історичного ареалу. Також у центрі з'явилися нові компактні масиви лісу, яких раніше не було. Це розширення, найімовірніше, зумовлене поступовим зникненням традиційної господарської діяльності, зменшенням антропогенного тиску і загальною тенденцією до природної сукцесії, яку підсилює сучасний клімат.

Водночас, не всюди динаміка є позитивною. У районі Селятина, на північному сході парку, можна побачити ділянки, де ліс, що був там раніше, зник. Це може бути наслідком рубок, зсувів або ж складніших умов для поновлення лісу. Є й стабільні ділянки, зокрема на високогір'ї — там, де панують суворі кліматичні умови, ліс не просувається вище, залишаючись у своїх традиційних межах. Загалом, якщо порівнювати період із середини ХХ століття до 2017 року, площі лісів у парку зросли. Це характерна риса для гірських районів Карпат, де відхід від інтенсивного господарювання дозволив природі відновлюватися. Такі зміни не лише сприяють збереженню ландшафтів, а й позитивно впливають на біорізноманіття, стан ґрунтів і гідрологічні процеси.

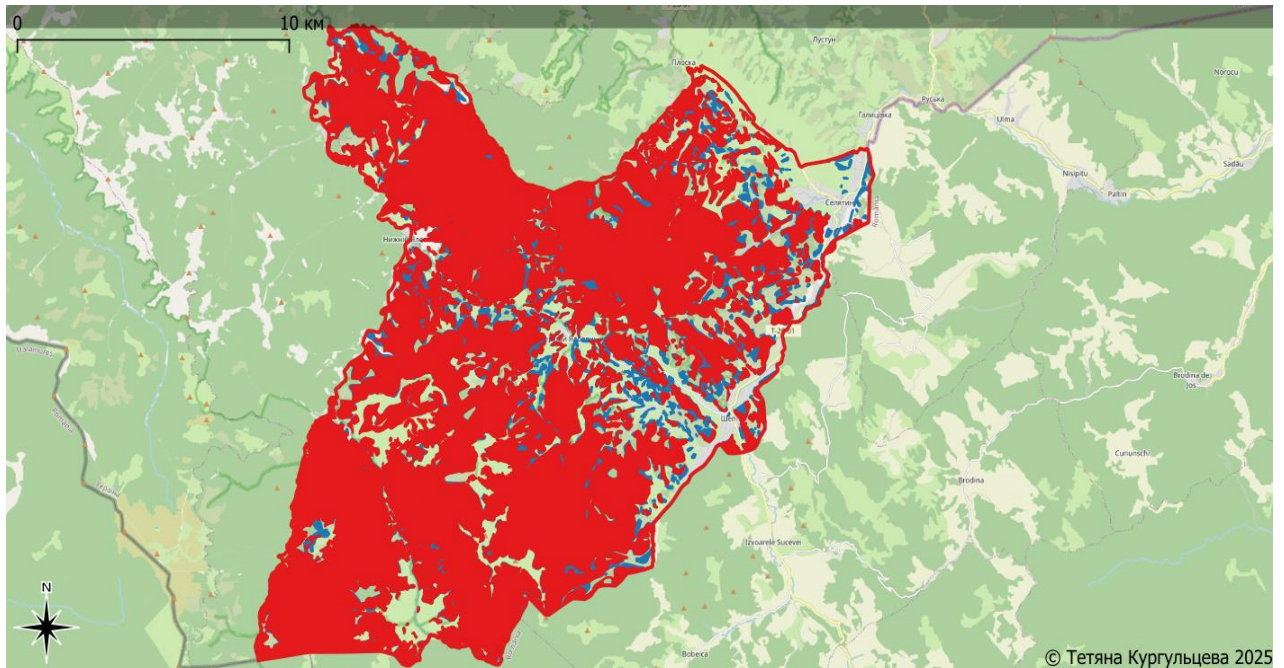


Рис. 4.3 Динаміка знеліснення території Черемоського національного природного парку у 2017 рік в порівнянні з 2024 роком.

Позначення: синій колір — межі лісового покриву станом на 2017 рік;
червоний колір — ділянки, заліснені у 2024 році.

Джерело: власна розробка на основі даних супутникового моніторингу в QGIS.

Упродовж останніх семи років територія Черемоського НПП зазнала помітних змін, які добре простежуються при аналізі карти лісового покриву за 2017 та 2024 роки. У 2017-му ліси вкривали велику частину парку — особливо у центрі та на півночі. Ці масиви були досить цілісними, лише подекуди перервані незначними вирубками. Проте вже до 2024 року ситуація змінилася кардинально. На карті чітко видно, як значні площі лісу зникли, особливо у центральній частині, де з'явилося багато відкритих ділянок. Подібна картина спостерігається і в південних районах — тут лісові масиви втратили суцільність, стали фрагментованими.

Причини таких змін можуть бути різними. У першу чергу, це вплив людини: масштабні вирубки, ймовірно, розширення сільськогосподарських земель чи будівництво інфраструктури. Місцями знеліснення могло бути наслідком природних процесів: буревії, ерозія, зсуви. Проте в більшості випадків усе ж варто говорити про людську діяльність як головний чинник. Наслідки —

очевидні: фрагментація лісів, порушення водного режиму, послаблення екосистем. Зникають місця існування багатьох видів, земля на вирубаних ділянках швидше піддається ерозії, а в регіоні частіше трапляються паводки або навпаки — пересихання водотоків. Крім того, змінюється й мікроклімат — повітря стає теплішим і сухішим.

Загалом карта наочно показує: темпи знеліснення в НПП «Черемоський» викликають занепокоєння. Якщо зберігатиметься така динаміка, це може призвести до ще глибших екологічних втрат. Однак це також сигнал до дії — з’являється потреба в більш жорсткому контролі за використанням природних ресурсів і впровадженні ефективних заходів охорони.

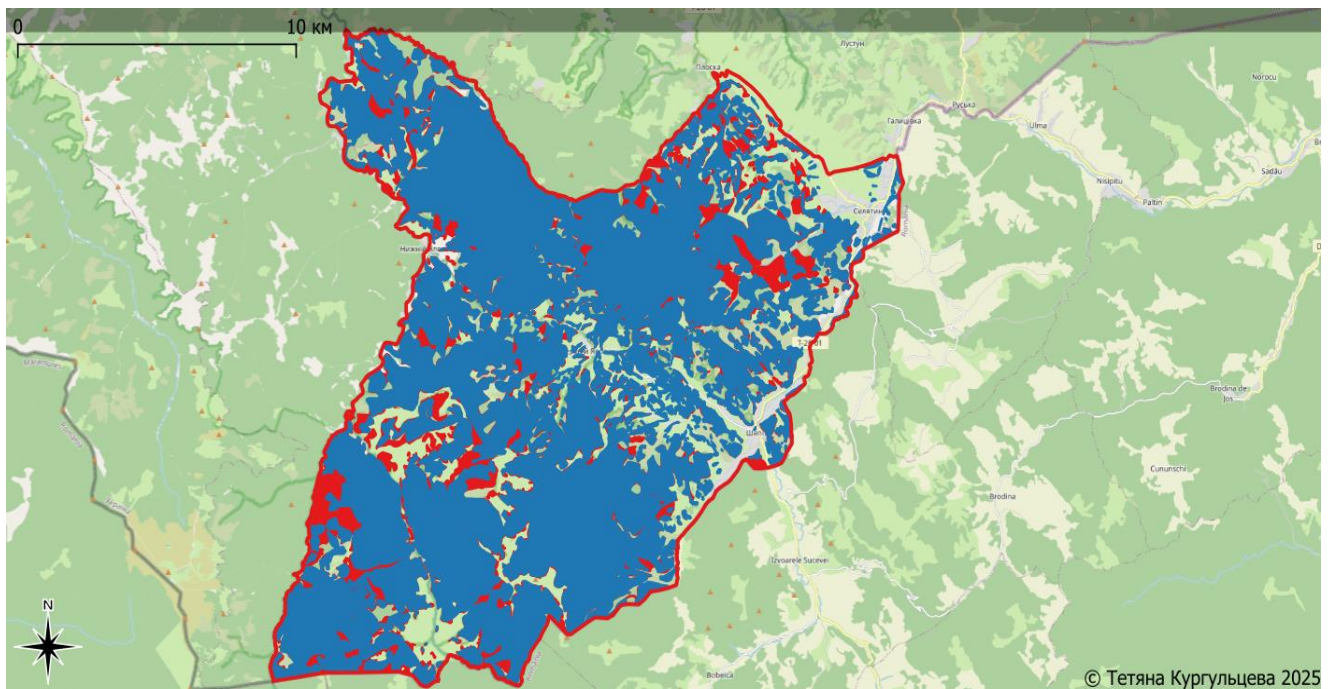


Рис. 4.4 Динаміка заліснення території Черемоського національного природного парку у 2024 – 2017 роках

Позначення: синій колір — межі лісового покриву станом на 2017 рік; червоний колір — ділянки, заліснені у період до 2024 року. Джерело: власна розробка на основі даних супутникового моніторингу в QGIS.

Протягом 2017–2024 років територія Черемоського національного природного парку зазнала відчутних змін у структурі лісового покриву. За результатами

аналізу супутникових знімків і картографічних матеріалів, оброблених у QGIS, можна побачити, як за ці сім років ліси в межах парку в багатьох місцях розширили свої межі. Найпомітніше це відбувалося на околицях, зокрема поблизу сіл Шепіт, Сарата та Яловець, де раніше були сінокоси, пасовища або просто відкриті ділянки. Тепер тут з'являються молоді лісові масиви. Це явище цілком закономірне — люди менше обробляють землю, господарська активність знижується, тож природа бере своє і поступово відновлює втрачене.

Водночас у центрі парку й на високогірних хребтах ситуація стабільна — верхня межа лісу залишається незмінною, що цілком логічно, враховуючи складні природні умови: холод, кам'янистий ґрунт, круті схили. Тут ліс не має можливості просуватися далі, і це створює певну екологічну рівновагу. Загалом же можна говорити про позитивну динаміку — ліси не лише не зменшились, а навпаки, розширились. Це свідчить про те, що природоохоронні заходи, вочевидь, дають результат, а антропогенний вплив або зменшився, або став менш агресивним. Така тенденція — добрий знак для майбутнього парку й екосистеми загалом.

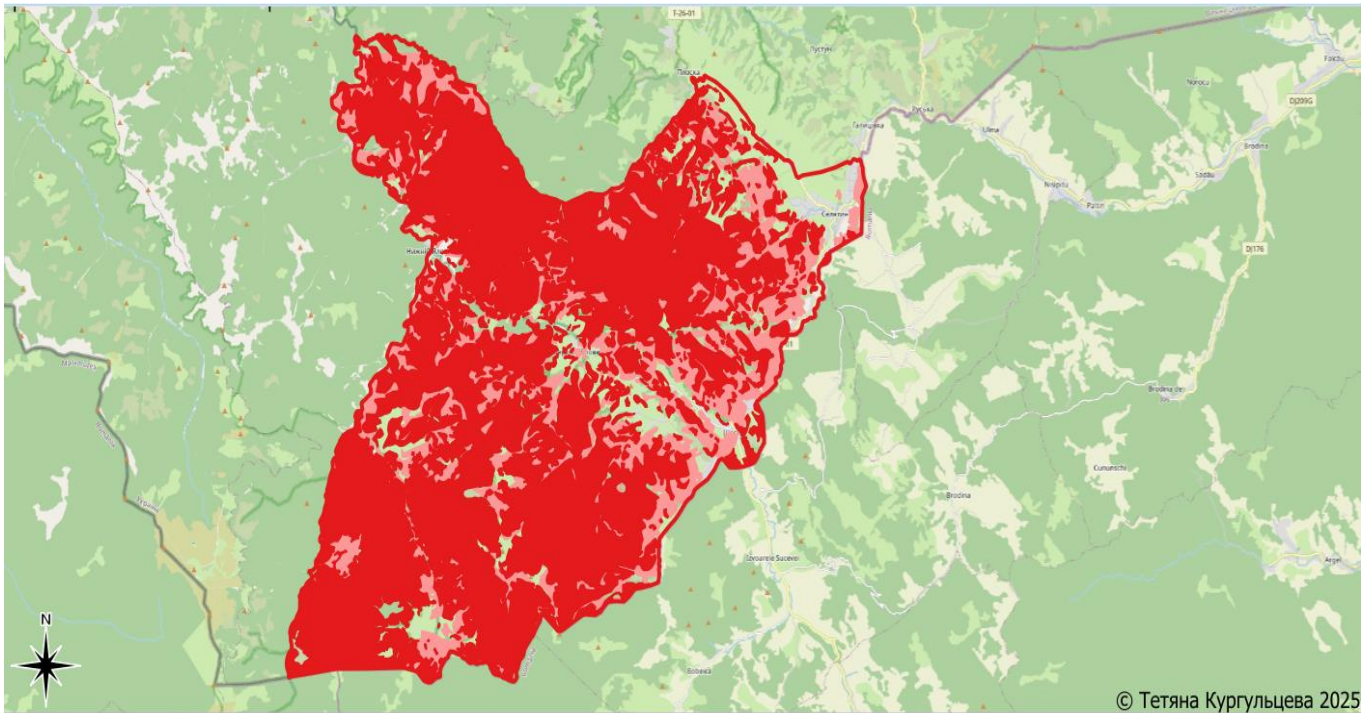


Рис. 4.5 .Динаміка заліснення території Черемоського національного природного парку у 1948-1960рр – 2024 роках

Позначення: рожевий колір — межі лісового покриву станом на 1948-1960 роки; червоний колір — ділянки, заліснені у період 2024 року.

Джерело: власна розробка на основі даних супутникового моніторингу в QGIS.

Карта, що зображає зміни в лісовому покриві Черемоського національного природного парку, справляє враження вже з першого погляду. Вона чітко показує, як трансформувався ландшафт протягом кількох десятиліть — від середини XX століття до сьогодення. Те, що на ній позначено рожевим, відображає ситуацію з лісами у 1948–1960 роках, тоді як червоний колір вказує на лісовий покрив уже станом на 2024 рік. Коли дивишся на співвідношення цих кольорів, одразу помітно, що сучасна територія лісів значно розширилася. У багатьох місцях червоні ділянки перекривають рожеві, виходять далеко за їхні межі й охоплюють цілі нові зони, де раніше були або відкриті території, або, можливо, землі сільськогосподарського призначення.

Вражає, наскільки інтенсивно відбувалося заліснення — і в південній частині, і на північному сході. Навіть у центрі парку, де раніше могли бути великі прогалини, зараз з'явилися щільні лісові масиви. Це дає підстави говорити про

те, що за останні роки природа отримала шанс на відновлення. Ймовірно, це стало можливим завдяки поступовому згортанню інтенсивного господарювання, зменшенню випасу, покинутим сінокосам. Усе це створило умови для того, щоб ліс почав повертатися туди, де його давно вже не було. Особливо цікаво спостерігати, як на периферії парку, де колись були, напевно, луки чи полонини, тепер формуються нові зімкнені лісові ділянки.

Втім, не можна сказати, що зміни скрізь були однаковими. Є й зони, де ліс лишився в межах своїх історичних кордонів — це переважно високогір'я, вершини, гребені, де через природні фактори (клімат, рельєф, ґрунт) дерева просто не мають змоги просуватися вище. Ці межі залишаються майже незмінними — видно, як рожеве й червоне тут збігаються. Але саме це додає цінності загальній картині: вона демонструє, як поєднуються стабільність і відновлення. Водночас, у багатьох інших частинах парку зміни є беззаперечними — і це ще раз наголошує на важливості сучасних природоохоронних підходів, які дозволили такому великому об'єму території повернутися до природного стану.

4.2. Чинники, що впливають на трансформацію лісових біотопів

Трансформація лісових екосистем є складним та багатофакторним процесом, що відбувається під впливом природних, антропогенних та біотичних чинників. Взаємодія цих чинників призводить до змін у структурі та функціонуванні лісового покриву, викликаючи незворотні процеси деградації, які потребують постійного моніторингу та розробки ефективних заходів для їх збереження.

Серед найбільш значущих чинників, що спричиняють трансформацію лісових екосистем, важливе місце займають природні процеси. Кліматичні зміни, зокрема підвищення середньорічних температур, тривалі періоди посух та нестача вологи в ґрунті, негативно впливають на деревостани, особливо на хвойні породи, такі як ялина європейська (*Picea abies*) та ялиця біла (*Abies alba*). Ці породи є надзвичайно чутливими до зниження вологозабезпеченості, що призводить до їхнього масового всихання та послаблення стійкості до інфекційних захворювань. Водночас, природні лиха, такі як сильні вітри, зсуви, сніголами та інші екстремальні явища, здатні спричинити фізичні пошкодження дерев, відкриваючи шлях для колонізації патогенних організмів. У поєднанні з поступовим виснаженням ґрунтів, такі чинники сприяють деградації лісових масивів та зміні їхнього складу.

Діяльність людини також є одним із найважливіших факторів, що впливають на трансформацію лісових екосистем. Незаконні рубки, розширення сільськогосподарських угідь, будівництво доріг та інша інфраструктурна діяльність ведуть до знищення лісового покриву та його фрагментації. Лісогосподарська діяльність, яка часто проводиться без належного контролю та дотримання екологічних стандартів, негативно позначається на структурі лісів, знижуючи їхню здатність до природного відновлення. Крім того, зростаючий попит на деревину сприяє активізації експлуатації лісових ресурсів. Масове вирубування лісів не лише змінює ландшафти, а й знижує біорізноманіття,

спричиняючи деградацію природних середовищ існування багатьох видів рослин і тварин. Негативний вплив людської діяльності посилюється відсутністю комплексного моніторингу та ефективних природоохоронних заходів.

Погіршення екологічної стійкості лісових екосистем посилюється під впливом біотичних чинників, які включають поширення патогенних грибів, комах-шкідників та бактеріальних інфекцій. Різноманітні збудники, особливо макроміцети, активно уражають ослаблені дерева, викликаючи стовбурові, кореневі та окоренкові гнилі. Серед найбільш поширених видів макроміцетів виділяють: *Fomitopsis pinicola*, *Phellinus hartigii*, *Laetiporus sulphureus*, *Inonotus obliquus*, *Phellinus igniarius*, *Daedalea quercina*, *Fomes fomentarius*, *Trichaptum abietinum*, *Ganoderma applanatum*, *Ganoderma resinaceum*, а також гриби роду *Heterobasidion* та *Armillaria*. Ураження лісових екосистем цими патогенами значно посилює процеси деградації, спричиняючи руйнування дерев та порушення їхнього природного відновлення [14].

Особливо небезпечним є фітопатогенний організм *Lelliottia nimipressuralis*, який спричиняє бактеріальну водянку. Ця бактерія вражає дерева старших вікових груп, зокрема ялину європейську та ялицю білу, що призводить до поступового відмирання дерев. Біотичні чинники, як правило, діють у комплексі з іншими факторами, посилюючи їхній негативний вплив на лісові екосистеми. Комплексний вплив усіх перелічених чинників призводить до серйозної трансформації лісового покриву, зміни його видової структури та зниження екологічних функцій. Природні чинники створюють умови для ослаблення деревостанів, які стають більш вразливими до біотичних загроз, тоді як діяльність людини посилює ці негативні процеси, спричиняючи зменшення площ лісового покриву та деградацію природних середовищ. Для ефективного запобігання подальшому погіршенню стану лісів необхідно впроваджувати комплексний моніторинг з використанням сучасних технологій дистанційного зондування, геоінформаційних систем та лісопатологічних обстежень. Лише поєднання цих методів дозволить вчасно виявляти негативні процеси, оцінювати

їх вплив та розробляти стратегії, спрямовані на збереження екосистемної рівноваги та раціональне використання природних ресурсів.

4.3. Екологічні наслідки змін лісової рослинності та рекомендації щодо їх мінімізації

Національний природний парк «Черемоський», розташований на території Путильського району Чернівецької області, займає площу 7117,5 гектара і є одним із унікальних природних об'єктів Українських Карпат. Цей регіон відзначається багатством флори та фауни, які відіграють важливу роль у підтримці екологічної рівноваги та збереженні біорізноманіття. Проте стрімкі кліматичні зміни, що спостерігаються в останні десятиліття, створюють серйозні загрози для лісових екосистем парку. Підвищення температури, зменшення кількості опадів та їх нерівномірний розподіл негативно впливають на стан лісових масивів. Довготривалі посухи й високі температури призводять до висихання ґрунтів, зниження продуктивності лісів та суттєвого погіршення їх здатності до природного відновлення.

Дослідження показують, що ґрунти НПП «Черемоський» характеризуються підвищеним вмістом гумусу та рухомого фосфору, а також порівняно низькою кислотністю, що робить їх унікальними серед ґрунтів Карпат. Проте навіть такі особливості не захищають лісові екосистеми від несприятливих кліматичних впливів. Потепління створює сприятливі умови для поширення теплолюбних видів дерев, які витісняють холодостійкі. Порушення природного балансу видового складу призводить до деградації лісових екосистем і, відповідно, втрати їх цінних екосистемних функцій. Одним із найсерйозніших викликів є масове розмноження шкідників, зокрема короїдів, чия активність значно зростає у теплі періоди. Менш суворі зими дозволяють шкідникам виживати у великій кількості, що веде до поступового руйнування лісових масивів. Крім того, підвищення температури та зниження вологості ґрунту сприяють збільшенню ризику лісових пожеж, які знищують рослинність, порушують екологічні процеси та зменшують здатність екосистем до природного відновлення.

Щоб мінімізувати негативні наслідки, спричинені кліматичними змінами, необхідно розробляти та реалізовувати комплексні заходи. Одним із пріоритетних завдань є впровадження практики висадки посухостійких видів дерев, які краще адаптуються до змін клімату. Це дозволить створювати лісові масиви з високою здатністю до виживання навіть у несприятливих умовах. Не менш важливим є розвиток систем моніторингу для своєчасного виявлення шкідників та лісових пожеж. Використання сучасних технологій спостереження, таких як дрони та супутникові знімки, дозволить оперативно реагувати на потенційні загрози.

Ефективне управління лісами передбачає створення протипожежних смуг та природоохоронних зон навколо старовікових лісів, що забезпечить їх захист від можливих пожеж. Водночас, залучення місцевих громад до управління природними ресурсами є важливим елементом адаптаційної стратегії. Місцеве населення повинно бути активно включеним у процес моніторингу, охорони та відновлення лісових масивів, оскільки їхня участь підвищує ефективність заходів із захисту природи.

Для підвищення стійкості лісових екосистем НПП «Черемоський» важливо застосовувати методи селективної рубки, які дозволяють зберігати природне середовище й одночасно забезпечують відновлення лісів. Відмова від суцільних рубок та підтримка природних способів відновлення можуть значно покращити ситуацію. Також доцільним є створення буферних зон між лісовими масивами та урбанізованими або сільськогосподарськими ділянками для зниження впливу людської діяльності на природні екосистеми.

Ліси Національного природного парку «Черемоський» виконують критично важливі екосистемні функції, забезпечуючи збереження біорізноманіття, депонування вуглецю, стабілізацію ґрунтів, очищення води та повітря. Вони є невід'ємною частиною екологічної системи Українських Карпат та значущим компонентом кругової біоекономіки. Лише застосування комплексного підходу, який включає адаптацію до кліматичних змін, відновлення деградованих лісів, контроль за шкідниками та створення природоохоронних зон, дозволить

зберегти лісову рослинність та її унікальні екосистемні функції для майбутніх поколінь.

Висновок до розділу 4

У четвертому розділі проаналізовано динаміку змін лісового покриву на території Національного природного парку «Черемоський» за періоди 1948–1960, 2017 та 2024 років на основі супутникових знімків, картографічних матеріалів і результатів просторового аналізу в середовищі QGIS. Отримані дані свідчать про складну і суперечливу динаміку: з одного боку, фіксується помітне скорочення лісового покриву внаслідок знеліснення, з іншого — спостерігаються процеси природного заліснення і сукцесії на окремих ділянках.

Зокрема, за період 2017–2024 років площа лісів скоротилася з 45% до 25% через інтенсивний антропогенний вплив, що виявляється у вирубках, фрагментації лісових масивів та інфраструктурному освоєнні території. Водночас у південно-західній і північній частинах парку зафіксовано появу нових лісових ділянок, що свідчить про активні процеси природного відновлення. Порівняльний аналіз із історичними картами показав, що у порівнянні з серединою XX століття сучасна лісова межа частково розширилася внаслідок зменшення господарської діяльності в гірських районах.

Визначено ключові чинники трансформації лісових екосистем, серед яких домінують:

- кліматичні зміни (посухи, зростання температури),
- незаконні рубки,
- поширення біотичних загроз (гриби-патогени, шкідники),
- деградація ґрунтів.

Проаналізовано екологічні наслідки цих змін, що включають втрату біорізноманіття, порушення гідрологічного режиму, посилення ерозійних процесів, зміну мікроклімату.

Запропоновано низку рекомендацій для мінімізації негативних наслідків: впровадження посухостійких деревних порід, розширення систем екологічного моніторингу, створення буферних зон, використання селективних рубок та активне залучення місцевого населення до природоохоронної діяльності.

Таким чином, дослідження засвідчує, що ефективне управління лісовим покривом НПП «Черемоський» потребує інтеграції сучасних технологій (ГІС, супутниковий моніторинг), природоохоронного планування та екосистемного підходу до збереження і відновлення лісових ландшафтів Карпатського регіону.

ВИСНОВКИ

У ході проведеного дослідження були досягнуті поставлені цілі та виконані всі основні завдання. Аналіз динаміки змін лісовкритих біотопів території Національного природного парку «Черемоський» дозволив встановити як просторові, так і часові закономірності трансформації природних ландшафтів під впливом як природних, так і антропогенних чинників.

1. В результаті аналізу літературних джерел та нормативної бази було окреслено теоретико-методологічні основи використання геоінформаційних систем (ГІС) та технологій дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) у вивченні природоохоронних територій. Обґрунтовано доцільність їх застосування у моніторингу змін лісового покриву.
2. Вивчено історію створення, цілі функціонування та внутрішню структуру НПП «Черемоський». Особливу увагу приділено специфіці функціонального зонування, охоронному режиму та сучасним викликам у сфері збереження природного різноманіття.
3. Охарактеризовано природні умови території парку: геологічну будову, клімат, гідрографічну мережу, ґрунти, рослинність та тваринний світ. Зазначено, що парк охоплює цінні реліктові екосистеми, які потребують особливої уваги з боку дослідників та природоохоронців.
4. Проведено порівняльний аналіз топографічних карт і супутникових знімків різних років (зокрема, 1948–1960, 2017 та 2024 рр.), що дало змогу виявити динаміку змін лісовкритих площ у межах парку та на суміжних територіях. Зафіксовано як позитивні тенденції (відновлення лісів у деяких районах), так і негативні (зменшення залісненості в окремих зонах).
5. Встановлено основні чинники, які впливають на зміну лісового покриву: серед природних – кліматичні коливання, ерозійні процеси, порушення геоструктур; серед антропогенних – вирубка, прокладання лісових доріг, туризм, локальне землекористування.

6. Проведено оцінку екологічних наслідків змін у структурі лісових біотопів. Підкреслено ризики втрати оселищ рідкісних видів, зниження водорегулюючої функції ландшафтів та деградації екосистем.
7. Сформульовано практичні рекомендації щодо збереження природного різноманіття на основі результатів просторового аналізу: удосконалення зонування парку, посилення моніторингу з використанням ГІС та ДЗЗ, інтеграція результатів дослідження у стратегії сталого природокористування та планування екологічного туризму.

Таким чином, робота не лише підтвердила актуальність комплексного підходу до вивчення змін природних ландшафтів у межах НПП «Черемоський», а й запропонувала практичні інструменти для підвищення ефективності природоохоронної діяльності на регіональному рівні

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Антонюк У. В., Басай В. Д. Правова охорона національних природних парків в Україні // Прикарпатський юридичний вісник. 2014. Вип. 1 (4). С. 113–125.
2. Біорізноманіття національного природного парку “Черемоський” : монографія / наук. ред. І. І. Чорней. Чернівці: Друк Арт, 2015. 248 с.
3. Бургаз О. А., Грудєв П. Х., Кур’янова С. О. Заповідна справа: конспект лекцій. Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2022. 150 с.
4. Використання геоінформаційних систем і штучного інтелекту для захисту особливо цінних лісів України: огляд можливостей, виклики та правове забезпечення // WWF EU. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/gis-and-ai-for-preserving-high-conservation-value-forests-of-ukraine.pdf>.
5. Геоінформаційні технології в географії : навч. посіб. / авт.-уклад. О. Д. Лаврик. Умань: ФОП Жовтий О. О., 2014. 120 с.
6. Гонца Ф. Використання геоінформаційних систем у дослідженні садово-паркових об’єктів // Традиції та новітні технології у розвитку сучасного мистецтва. 2018. [Електронний ресурс]. Режим доступу: ORCID: orcid.org/0000-0003-1184-1676.
7. Гродзинський М. Д., Стеценко М. П. (ред.) Заповідна справа в Україні: навч. посіб. Київ: Географіка, 2003. 306 с. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://cutt.ly/86YSt1v>.
8. Екологічне право України. Особлива частина: навч. посіб. / О. М. Шуміло (кер. авт. кол.), В. А. Зуєв, І. В. Бригадир та ін. Київ: Центр учбової літератури, 2013. 432 с.
9. Екологічне право України: Підручник / За ред. А. П. Гетьмана. Харків: Право, 2013. 458 с.

10. Екологічний менеджмент території, охорона ландшафтного і біотичного різноманіття, рекреаційні ресурси та перспективи розвитку Національного природного парку «Черемоський» : [кол. монографія] / наук. ред. І. І. Чорней, О. Ф. Бантишев, М. В. Величко, І. В. Скільський. Чернівці: Друк Арт, 2018. 240 с.
11. Закон України Про природно-заповідний фонд України.
12. Коротко про місії Sentinel. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.50northspatial.org.ua/ua/sentinel-missions-in-a-nutshell-useful-links/>.
13. Куземко А. А. Лучна рослинність. Клас Molinio-Arrhenatheretea. Київ, 2009. 376 с. (Рослинність України).
14. Кульбанська І. М. Моніторинг змін площ лісового покриття Покутсько-Буковинських Карпат засобами геоінформаційних технологій // Науковий вісник НЛТУ України. 2024. Т. 34, № 5. С. 23–28. DOI: <https://doi.org/10.36930/40340503>.
15. Кухтар Д. В. Аналіз радіолокаційних знімків супутника Sentinel-1 за допомогою вебресурсу EO Browser // Український журнал прикладної економіки та техніки. 2023. Т. 8. № 4. С. 258–263. DOI: <https://doi.org/10.36887/2415-8453-2023-4-42>.
16. Кухтар Д. В. Джерела даних супутникового радіолокаційного знімання // Технічні науки та технології. 2024. № 3(37). С. 262–274. DOI: [10.25140/2411-5363-2024-3\(37\)-262-272](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2024-3(37)-262-272).
17. Коротко про місії Sentinel. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.50northspatial.org.ua/ua/sentinel-missions-in-a-nutshell-useful-links/>.
18. Лазоренко Н. Ю. Дослідження застосування штучного інтелекту (GeoAI) для завдань топографічного картографування. 2024. № 8. С. 430–443. DOI: [10.32347/2786-7269.2024.8.430-443](https://doi.org/10.32347/2786-7269.2024.8.430-443).
19. Маршрути. Екологічні стежки [Електронний ресурс] / Офіційний сайт НПП «Черемоський». Режим доступу: <https://xn--e1aajedlonm8c5c.xn--j1amh/ekolohichni-stezhky>.

20. Мультиспектральний знімок рослини - як це розуміти? [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.irlen.com.ua/ndvi-multispektralnii-snimok-rasteniya-kak-eto-ponimat>.
21. Національний природний парк «Черемоський». [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://cheremoskyi-park.in.ua/sleeping/de-perenochuvaty/>.
22. Нестеренко С. Г., Афанасьєв О. В., Мироненко М. Л. Сучасні дистанційні методи та геоінформаційні технології в дослідженні територій: конспект лекцій для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти зі спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. 127 с.
23. Основи дистанційного зондування Землі: історія та практичне застосування: навч. посіб. / С. О. Довгий, В. І. Лялько, С. М. Бабійчук, Т. Л. Кучма, О. В. Томченко, Л. Я. Юрків. Київ: Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2019. 316 с.
24. Панченко Т. Ф. Ландшафтно-рекреаційне планування природно-заповідних територій: монографія. Київ: Логос, 2015. 176 с.
25. Про затвердження Положення про національний природний парк «Черемоський». Положення від 28.08.2020 № 71. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ips.ligazakon.net/document/FN070485>.
26. Про природно-заповідний фонд України: Закон України від 16 червня 1992 року // Відомості Верховної Ради України. 1992. № 34. Ст. 502.
27. Природно-заповідний фонд України загальнодержавного значення. Довідник. Київ: Омега-Л, 1999. 240 с.
28. Флора та рослинність проектного міждержавного українсько-румунського біосферного резервату «Мармароські та Чивчино-Гринявські гори». Т. Л. Андрієнко, І. І. Чорней, В. А. Онищенко, В. В. Буджак // Укр. ботан. журн. 2005. № 4. 596 с.
29. Часковський О., Андрейчук Ю., Ямелинець Т. Застосування ГІС у природоохоронній справі на прикладі відкритої програми QGIS: навч. посіб. Львів: ЛНУ ім. Івана Франка, Вид-во Простір-М, 2021. 228 с.

30. Чорней І. І., Буджак В. В., Токарюк А. І. Історія формування ідеї та створення національного природного парку «Черемоський». Регіональні аспекти флористичних і фауністичних досліджень. Матер. Другої міжнар. наук.-практ. конф. (24–25 квітня 2015 р., смт Путила, Чернівецька обл., Україна). Чернівці: Друк Арт, 2015.

31. Чорней І. І., Буджак В. В., Скільський І. В. Рослинний і тваринний світ території майбутнього національного природного парку «Черемоський»: сучасний стан, раритетні види. Молодь у вирішенні регіональних та транскордонних проблем екологічної безпеки. Матер. П'ятої Міжнар. наук. конф. (м. Чернівці, 5–6 травня 2006 року). Чернівці: Зелена Буковина, 2006. С. 243–260.

32. Щипцов Д. Л., Крета О. Г., Лебідь Н. А., Шевякіна Н. А. Використання результатів дистанційного зондування Землі в задачах моніторингу навігаційно-гідрографічної обстановки // Екологічна безпека та природокористування. 2020. № 4 (36). С. 62–75. ISSN: 2411-4049.

33. Arévalo, P., Olofsson, P., & Woodcock, C. E. Continuous monitoring of land change activities and post-disturbance dynamics from Landsat time series: A test methodology for REDD+ reporting. *Remote Sensing of Environment*, 238. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.01.013>.

34. Boucher, P. B., Hancock, S., Orwig, D. A., Duncanson, L., Armston, J., Tang, H., & Schaaf, C. Detecting change in forest structure with simulated GEDI lidar waveforms: a case study of the hemlock woolly adelgid (HWA; *Adelges tsugae*) infestation. *Remote Sensing*, 12(8). 2020. <https://doi.org/10.3390/rs12081304>.

35. Forestcom. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://forestcom.org.ua/news-post/forest-cover-change-carpathian>.

36. Goodbody, T. R., Coops, N. C., & White, J. C. Digital aerial photogrammetry for updating area-based forest inventories: A review of opportunities, challenges, and future directions. *Current Forestry Reports*, 5, 55–75. 2019. <https://doi.org/10.1007/s40725>.

37. Kukhtar, D., Hlotov, V., Zayats, O. Experience in deploying radar corner reflectors for InSAR monitoring. *Geodesy, Cartography and Aerial Photography*, Vol. 98, 2023. Pp. 42–49. DOI: <https://doi.org/10.23939/istcgcap2023.98.042>.
38. Negassa, M. D., Mallie, D. T., & Gemed, D. O. Forest cover change detection using Geographic Information Systems and remote sensing techniques: a spatio-temporal study on Komto Protected forest priority area, East Wollega Zone, Ethiopia. *Environmental Systems Research*, 9, 1–14. 2020. <https://doi.org/10.1186/s40068-020-0163-z>.
39. Sylvain, J. D., Drolet, G., & Brown, N. Mapping dead forest cover using a deep convolutional neural network and digital aerial photography. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 156, 14–26. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2019.07.010>.