

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології**

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**

Завідувач кафедри

загальної екології, радіобіології та  
безпеки життєдіяльності

\_\_\_\_\_ Алла КЛЕПКО

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

**БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**на тему «Екологічна оцінка впливу бойових дій на стан національного природного парку «Святі гори» Донецької області»**

Спеціальність \_\_\_\_\_ 101 «Екологія»

**Гарант освітньої програми**

Доктор педагогічних наук, професор,  
професор кафедри загальної екології,  
радіобіології та безпеки життєдіяльності

\_\_\_\_\_ Володимир БОГОЛЮБОВ

**Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи**

доктор біологічних наук, ст. наук. сп.,  
завідувач кафедри загальної екології,  
радіобіології та безпеки життєдіяльності

\_\_\_\_\_ Алла КЛЕПКО

**Виконала**

\_\_\_\_\_ Валерія СКРЯГА

**КИЇВ-2025**



4.3. Відбір проб та дослідження ґрунту і рослинності на вміст важких металів та радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{40}\text{K}$  на території НПП «Святі гори».

4.4. Проведення дозиметричних вимірювань на постраждалій території НПП «Святі гори» Донецької області.

## 5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Клепко А.В.		
2	Клепко А.В.		
3	Клепко А.В.		

6. Дата видачі завдання 1 листопада 2024 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної бакалаврської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Затвердження теми дипломної роботи та робота з відповідною літературою	Липень-вересень	
2	Відбір проб ґрунту на вміст важких металів та радіонуклідів $\text{Cs}^{137}$ , $\text{K}^{40}$ на постраждалих територіях НПП «Святі гори»	Вересень-січень	
3	Дослідження проб ґрунту на важкі метали та радіонукліди	Лютий-березень	
4	Огляд постраждалих територій, масштаби руйнувань. Аналіз площ лісових пожеж. Оцінка змін у фітоценозі внаслідок бойових дій.	Квітень-травень	
5	Оформлення висновків та доопрацювання дипломної роботи	Травень	

Студент

\_\_\_\_\_

( підпис )

Валерія СКРЯГА

Керівник роботи

\_\_\_\_\_

( підпис )

Алла КЛЕПКО

## Реферат

Робота виконана на 75 сторінках, містить 3 розділи, 29 рисунків, 12 таблиць, 22 використаних джерел.

Мета роботи – провести комплексну екологічну оцінку впливу бойових дій на стан національного природного парку «Святі гори» Донецької області.

Проведений аналіз показав, що площа постраждалих територій Національного природного парку «Святі гори» внаслідок лісових пожеж через військову агресію у період 2022-2024 рр. становить понад 12 тисяч гектарів, це майже 80% площ об'єкту. Лісові пожежі є одним з найнебезпечнішим фактором війни для природно-заповідної території і серйозною загрозою для рідкісних та ендемічних видів рослин. Внаслідок пожеж та механічної руйнації природного ареалу, майже повністю втрачено флористичні комплекси червонокнижного реліктового виду Сосни крейдяної *Pinus sylvestris*.

За результатами аналізу проб ґрунтів на вміст важких металів, встановлено забруднення постраждалих територій Національного природного парку. Діапазон вмісту свинцю у пробах складає від 7,8 до 110,5 мг/кг. Найбільш високе значення було зафіксоване в точці 4 маршруту №2 на території, де були лісові пожежі внаслідок ворожого обстрілу. Діапазон вмісту цинку складає від 29,5 мг/кг до 187,6 мг/кг. Показники кадмію в усіх пробах ґрунту знаходяться в межах допустимого значення від 0,34 мг/кг до 1,29 мг/кг. Значення міді в пробах ґрунту складає від 11,3 до 165,3 мг/кг. Найвище значення було зафіксовано на території, де були активні бойові дії. Результати вимірювань питомої активності таких радіонуклідів як  $Cs^{137}$  та  $K^{40}$  у пробах ґрунту та рослинності показали, що їх рівень є дуже низькими.  $Cs^{137}$  коливається в межах від 0,000 до 4,871 Бк/кг, тим часом  $K^{40}$  32-554 Бк/к, що не перевищує встановлені допустимі рівні і є типовими для незабруднених територій. Рівень радіаційного фону на постраждалих досліджуваних ділянках Національного парку коливається від 0,05 мкЗв/год до 0,17 мкЗв/год, що також відповідає нормальному природному фону для території України.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	7
РОЗДІЛ 1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД .....	9
1.1 Фізико-географічне розташування НПП «Святі гори» .....	9
1.2 Флора і фауна НПП «Святі гори» .....	12
1.3 Типи ґрунтів НПП «Святі гори» та їх стан до повномасштабного вторгнення .....	15
1.4. Радіаційна ситуація в Донецькій області .....	20
РОЗДІЛ 2. ВПЛИВ БОЙОВИХ ДІЙ НА ЕКОСИСТЕМУ НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ «СВЯТІ ГОРИ» .....	23
2.1. Оцінка постраждалих територій: масштаби руйнувань та площі лісових пожеж .....	23
2.2. Зміни у рослинному покриві та фітоценозах парку: порівняння довоєнного та сучасного стану .....	31
РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБ ҐРУНТУ НА ВМІСТ В НИХ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ТА РАДІОНУКЛІДІВ .....	47
3.1. Маршрути та точки відбору проб ґрунту та рослинності .....	47
3.2. Проведення аналізу проб ґрунтів на важкі метали .....	53
3.3. Проведення аналізу проб ґрунтів та рослин на радіонукліди та вимірювання радіаційного фону .....	57
ВИСНОВКИ .....	71
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	73

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Збереження природно-заповідного фонду в Україні у сучасних умовах збройного конфлікту є надзвичайно актуальним питанням. Національний природний парк «Святі гори» - це унікальний та один із найцінніших об'єктів Лівобережної України. Тут зосередились рідкісні типи ландшафтів, ендемічні та реліктові рослини та тварини, а також пам'ятки історико-культурної та природної спадщини України.

В червні 2022 року частина парку була окупована та зазнала значних ушкоджень. Це призвело до масштабних лісових пожеж, забруднення ґрунтів важкими металами та нафтопродуктами, змін у рослинному покриві та тваринному світі, що ставить під загрозу екологічну рівновагу. Крім цього ці зміни створюють ризики для здоров'я населення.

Враховуючи наукову, екологічну та рекреаційну цінність НПП «Святі гори», дослідження впливу та наслідків бойових дій є необхідним для розробки ефективних заходів з відновлення природно-заповідних територій.

**Мета роботи** – провести комплексну екологічну оцінку впливу бойових дій на стан національного природного парку «Святі гори» Донецької області.

**В завдання роботи входило:**

- Проаналізувати постраждалі території: масштаби руйнувань та площі лісових пожеж внаслідок бойових дій.
- Оцінити зміни у рослинному покриві парку та порівняти з довоєнним станом.
- Дослідження ґрунту на наявність важких металів та радіонуклідів і проведення дозиметричних вимірювань.

**Об'єкт дослідження** – постраждалі території національного природного парку «Святі гори».

**Предмет дослідження** – ґрунт, важкі метали, радіоактивні елементи, фітоциноз парку.

**Методологія** – під час написання бакалаврської роботи використовувались: описово-оглядовий та пошуковий методи, дозиметрія, метод гамма спектрометрії, атомно-адсорбційний метод.

**Новизна даної роботи полягає в** екологічній оцінці сучасного стану постраждалих територій Національного природного парку «Святі гори» внаслідок військової агресії, а саме визначенні вмісту важких металів (свинець, кадмій, мідь та цинк) та гамма-радіонуклідів в пробах ґрунту, а також аналізі рослинного покриву.

## РОЗДІЛ 1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

### 1.1 Фізико-географічне розташування НПП «Святі гори»

Національний природний парк «Святі гори» розташований в степовій зоні на сході України в Слов'янському, Лиманському та Бахмутському районах Донецької області від Харківської області на північному заході, і до Луганської – на сході. Загальна площа парку становить 40605,5 га земель державної власності. З них 39601,5 га займають лісові землі, 967 га – землі Святогірського лісопаркового господарства та землі м. Святогірська, 37 га – землі водного фонду. У постійному користуванні парку знаходиться 11894,5 га, а 28711 га включені до його складу без вилучення у землекористувачів [1].



Рисунок 1.1 Діаграма загальної площі НПП «Святі гори»

Заснування парку було спрямоване на збереження унікальних природних комплексів Донецького кряжу, який виконує важливі наукові, естетичні, рекреаційні функції.

Основні завдання парку:

1. Охорона та відновлення унікальних природних і культурних територій, збереження рідкісних видів рослин і тварин, які занесені до Червоної книги України та міжнародних списків.
2. Створення умов для екологічного туризму та відпочинку, щоб люди могли насолоджуватися природою, не порушуючи її рівноваги.
3. Проведення наукових досліджень для вивчення змін у природних комплексах, розробка рекомендацій для їх охорони, відновлення пошкоджених екосистем та раціонального використання природних ресурсів, а також моніторинг біорізноманіття.
4. Підтримка місцевих традицій природокористування, народних ремесл та культурної спадщини.
5. Екологічна просвіта та виховання, щоб формувати у людей дбайливе ставлення до природи.

Відповідно до фізико-географічним районуванням дана територія заповідного фонду розташована в степовій зоні на межі Донецько-Донської і Лівобережно-Дніпровської північно-степових провінцій, яка проходить уздовж русла річки Сіверський Донець [2]. Геологічним фундаментом є біла крейда та крейдоподібний маргель, що збереглись до сьогодні з днів верхньокрейдяного періоду.

Даний клімат є типовим для півночі степової зони. Він помірно континентальний, теплий, з періодичними посухами. Зимою температура в середньому коливається між  $-6$  -  $-7^{\circ}\text{C}$ , а в найхолодніші періоди може досягати  $-40^{\circ}\text{C}$ . Літо доволі спекотне -  $+22^{\circ}\text{C}$ , а максимальна  $+39^{\circ}\text{C}$ . При середній температурі  $+6-8^{\circ}\text{C}$  випадає 470 мм. У регіоні переважають східні та південно-східні вітри, середня швидкість яких складає 5-10 м/с, які нерідко спричиняють суховії та пилові бурі.

Територія парку розташована вздовж русла ріки Сіверський Донець, яка є середньої течії, звивистою та з крутим правим берегом. Долина ріки має багато стариць, піщаних валів та озер. В деяких місцях Сіверський Донець протікає поряд з оголеними крейдяними схилами, висотою 65 метрів, які нагадують гірський рельєф, звідки і пішла назва «Святі Гори».

До складу національного природного парку входять багато ботанічних пам'яток природи, лісових заповідників, загально-зоологічних заказників місцевого значення. НПП «Святі гори» мають довжину більше 500 км, що розділяються сільськогосподарськими угіддями, населеними пунктами та виробничими зонами, що ускладнює його охорону.

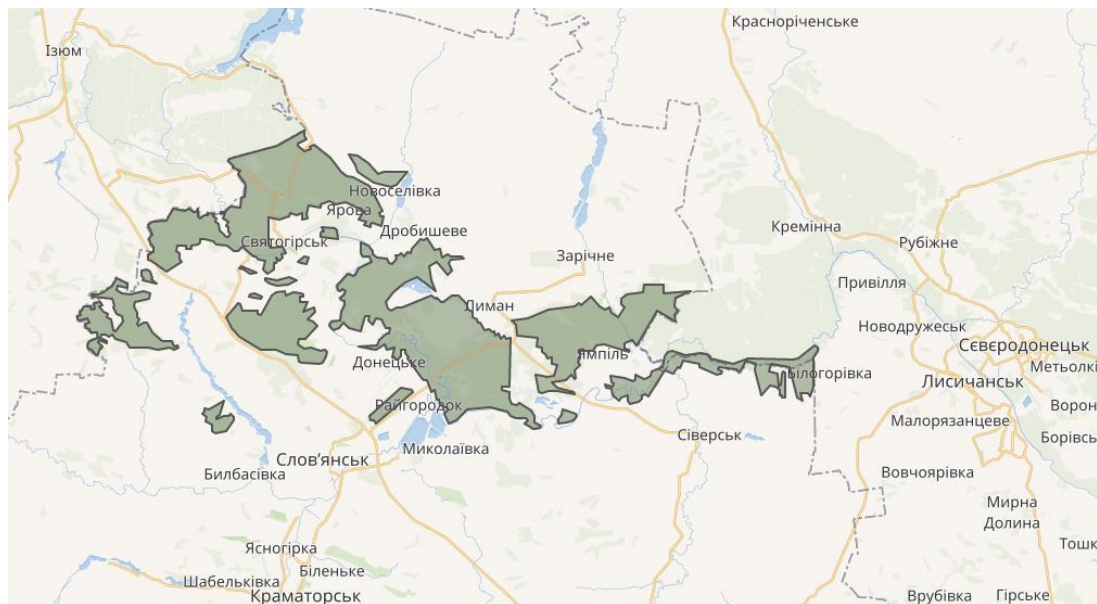


Рисунок 1.2. Карта розташування НПП «Святі гори» [3]

Основні типи рослинності: ліси – 36,8 тис. га – 91 % площі НПП; луки – 0,6 тис. га – 1 %; болота – 1,0 тис. га – 2,5 %; водойми – 0,2 тис. га – 0,4 %. [3]. Основними ландшафтами та найціннішим багатством парку є ліси. Території з унікальною лісовою рослинністю та природними угрупованнями дерев складають

близько 92% площі парку. Це байрачні ліси, крейдянні бори, заплавні діброви та соснові насадження.

## 1.2 Флора і фауна НПП «Святі гори»

Територія НПП «Святі гори» розташована на унікальних степових, лісових та водно-болотних екосистемах. Даний заповідний фон охоплює різні природні середовища, зокрема крейдянні гори, які є домом для реліктових та ендемічних видів рослин і тварин, що пристосувались до суворих кліматичних умов та складного рельєфу.

За даними робітників парку на території росте близько 1160 видів рослин, в тому числі 120 видів дерев і чагарників, які мають наукову та природоохоронну цінність, що свідчить про велику репрезентативність природного фонду Сходу України.

Рослинний покрив даної території представлений такими рідкісними рослинами, серед яких Рястка Буше (*Ornithogalum boucheanum*), Косарики тонкі (*Gladiolus tenuis*), Рябчик руський (*Fritillaria ruthenica*), Плодоріжка блощична (*Anacamptis coriophora*), Пірій ковилолистий (*Elytrigia stipifolia*). На даному природно-заповідному фонді представлені степові ценози, тому типовими для цієї території є рід Ковила (*Stipa* L.), який представлений 18 видами. Вдовж русла річки зустрічаються угруповання Сальвінії плаваючої (*Salvinia natans*), яка охороняється на території парку.

В типових широколистяних лісах, які характерні для даного регіону переважають Дуб звичайний (*Quercus robur* L.), де деякі екземпляри виду досягають 600 років, Липа серцелиста (*Tilia cordata*) та Клен польовий (*Acer campestre*). У підліску – Клен татарський (*Acer tataricum*), Ліщина звичайна (*Corylus avellana* L) та Бруслина бородавчаста (*Euonymus verrucosus*).

Особливу природну цінність мають крейдяні бори, які сформовані Сосною крейдовою (*Pinus cretacea* (Kalenicz.) Kondr). – це реліктовий диз'юнктивний вид, що поширених на крутих, крейдяних берегах річки Сіверський Донець, в околицях сіл Богородичне та Лавренівка Слов'янського району [5].

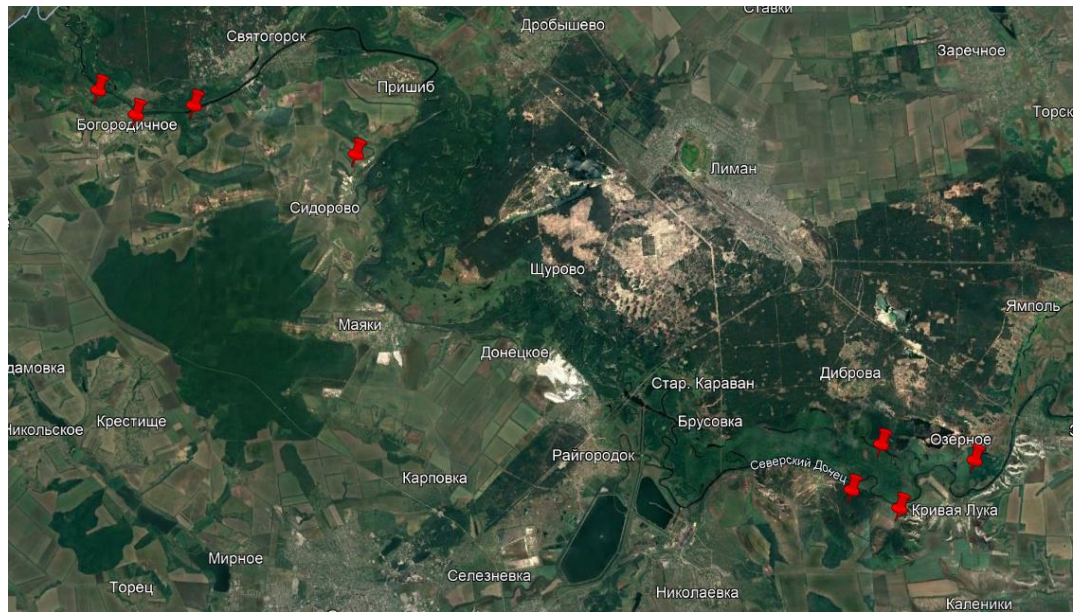


Рисунок 1.3. Карта місцезростання виду Сосна крейдова (*Pinus cretacea* (Kalenicz.) Kondr)

Загалом до Червоної книги України занесено 52 види, 15 – до Європейського червоного списку. Охороняються на регіональному рівні 186 видів, Бернською конвенцією – 4 види [4].

В межах території національного парку виявлено близько 50 асоціацій, які занесені до Зеленої книги України. Це дубові і соснові ліси скумп'єві, клейковільхові ліси із страусовим пером звичайним у травостої, кретофільні і степові фітоценози, водні угруповання сальвінії плаваючої, глечиків жовтих та латаття білого. Варто також відокремити і сфагнові болота-блюдця, які у степовій зоні розташовані за крайньою південною межею свого суцільного поширення [4]. Багатство флори даної території сприяє різноманітність екологічних умов від ділянок степової рослинності та крейдяних оголень до заплавних лугів і водойм.

Орнітофауна представлена такими рідкісними видами як Скопа (*Pandion haliaetus*), Зміїд блакитноногий (*Circaetus gallicus*), Боривітер степовий (*Falco naumanni*) та Журавель сірий (*Grus grus*). На крейдяних оголеннях зустрічається рідкісний вид для Європи – Пугач (*Bubo Bubo*). За свідченнями працівників парку у літній період 2016-2018 років голоси пугачів лунали вздовж усієї течії Сіверського Дінця, саме в той період, коли птахи мігрують пташинятами. Проте на території парку не вдалось знайти жодного гнізда.

Іхтіофауна представлена 40 видами риб, серед яких Вирезуб (*Rutilus frisii*) та Ялець Данилевського (*Leuciscus danilewskii*), які занесені до Червоної книги України. Герпетофауна представлена такими видами, які занесені до Червоної книги України, як Гадюка Нікольського (*Vipera nikolskii*) та зникаючий вид - Полоз візерунковий (*Elaphe dione*).

Дуже висока різноманітність хижих ссавців, з яких Видра річкова (*Lutra lutra*), Горностай (*Mustela erminea*) та Барсук європейський (*Meles meles*) є червонокнижними.

Загалом всього для території парку відомо більше 300 видів хребетних тварин, у тому числі 59 видів ссавців, 222 – птахів, 10 – плазунів і 9 – земноводних. У річці Сіверський Донець, в озерах і старицях водиться 41 вид риб. До Червоної книги України занесено 85 видів фауни, з них 67 – хребетних, а до Європейського червоного списку – 12 видів, охоронних за Бернською конвенцією – 127 видів фауни, Боннською конвенцією – 69 видів [4].

### 1.3 Типи ґрунтів НПП «Святі гори» та їх стан до повномасштабного вторгнення

Ґрунтовий покрив НПП «Святі гори» доволі складний. За картою агроґрунтового районування Донецька область відноситься до під зони північного степу на чорноземах звичайних та лесових породах [6]. Особливістю дослідної ділянки є те, що через різноманітний рельєф тут присутні різнотипні ґрунти.

Ґрунтовий покрив формувався під впливом кліматичних умов, рельєфу та материнських порід.

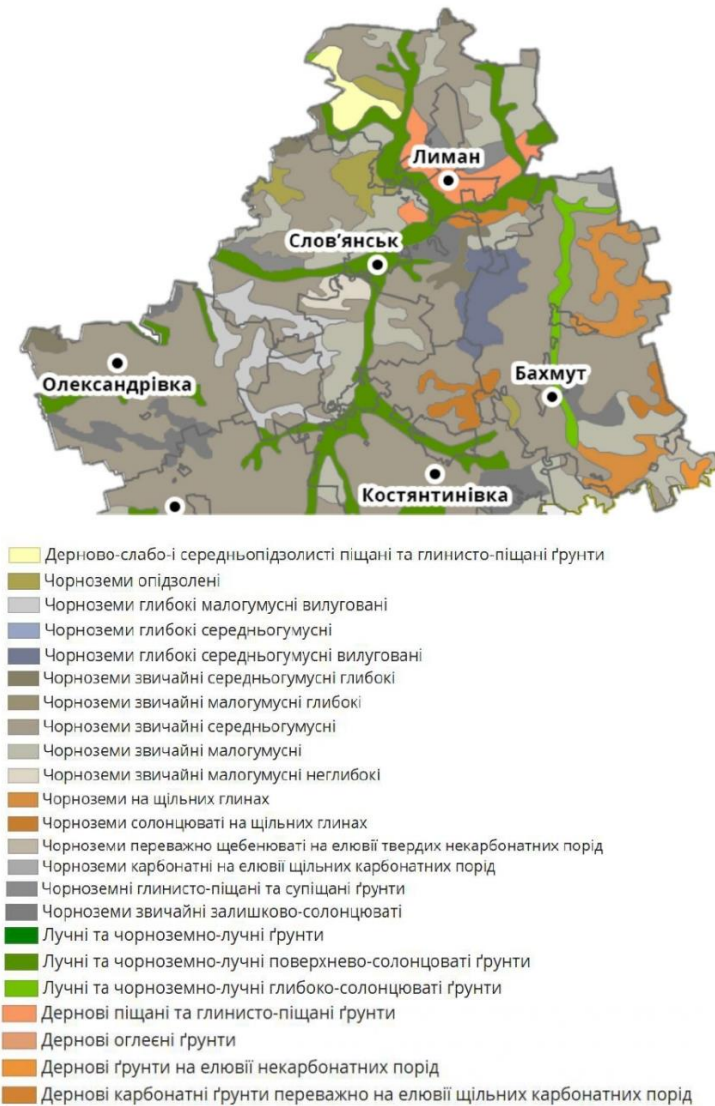


Рисунок 1.4. Карта типів ґрунтів НПП «Святі гори» [6]

Основні типи ґрунтів, характерні для цієї території [1]:

1. Чорноземи звичайні – домінують на рівнинних ділянках парку, зокрема на терасах Сіверського Дінця. Ці ґрунти багаті на гумус і мають високу родючість, що робить їх цінними для сільського господарства в прилеглих районах.
2. Дерново-карбонатні ґрунти – поширені на крейдяних схилах і пагорбах, які є характерною особливістю парку. Вони мають менший вміст гумусу та часто містять карбонатні включення через крейдянну основу.

3. Лучні та алювіальні ґрунти – формуються в заплавах річки Сіверський Донець. Ці ґрунти зволожені, багаті на органічні речовини, але можуть бути схильними до періодичних затоплень.

4. Піщані та супіщані ґрунти – трапляються на підвищених ділянках і мають нижчу родючість через високий вміст піску.

Загальна характеристика ґрунтів парку наведена в таблиці 1.2.1.

Таблиця 1.1. - Загальна характеристика ґрунтів парку

Тип ґрунту	Місце поширення	Характеристики	Схильність до забруднення
Чорноземи звичайні	Рівнинні ділянки, тераси Сіверського Дінця	Висока родючість, багаті на гумус	Висока (через близькість до с/г угідь, можливе накопичення пестицидів і металів)
Дерново-карбонатні	Крейдяні схили й пагорби	Містять карбонати, менш гумусовані	Низька (структура перешкоджає накопиченню важких металів)
Лучні та алювіальні	Заплави Сіверського Дінця	Вологі, багаті на органіку, можливі затоплення	Середня (можливе накопичення забруднень через затоплення і змиви)
Піщані та супіщані	Підвищені ділянки	Низька родючість, легка структура	Низька (менше накопичують забруднювачі через фільтраційні властивості)

Парк не містить промислових зон у своїх функціональних зонах (79,7% території – зона регульованої рекреації) [7].

Точні і детальні данні про довоєнний стан ґрунтів НПП "Святі Гори" щодо вмісту важких металів і пестицидів у відкритих джерелах обмежені, але можна зробити висновки на основі загальних екологічних характеристик регіону та впливу антропогенної діяльності до 2022 року.

До початку повномасштабного вторгнення у 2022 році одним із основних джерел забруднення ґрунтів важкими металами в Донецькій області залишалися сільське господарство та промислові підприємства, розташовані в сусідніх містах, зокрема у Слов'янську та Краматорську. Забруднювальні речовини потрапляли в навколишнє середовище внаслідок використання мінеральних добрив, пестицидів, атмосферних викидів промислових об'єктів, а також через скиди неочищених або недостатньо очищених стічних вод.

Серед поширених забруднювачів фіксувалися важкі метали, такі як свинець (Pb), кадмій (Cd), цинк (Zn), мідь (Cu) та молібден (Mo). Вони є потенційно токсичними елементами, які здатні акумулюватися в ґрунтах, погіршуючи їхню якість, впливаючи на мікробіоту, знижуючи родючість і становлячи небезпеку для біоти й людини через ланцюги живлення.

На території самого Національного природного парку «Святі Гори», завдяки його охоронному статусу, рівень забруднення важкими металами був помітно нижчим, ніж у прилеглих промислово-аграрних районах. Господарська діяльність у межах парку обмежувалася науковими дослідженнями, рекреацією та мінімальним природокористуванням, що дозволяло підтримувати екологічний баланс і сприяло збереженню відносно чистих ґрунтів.

Проте навіть у межах охоронної зони парку існували осередки локального забруднення, пов'язані з близькістю до транспортних шляхів, сільськогосподарських територій або водотоків, які могли переносити розчинені або зв'язані із частками ґрунту метали.

Згідно з наявними дослідженнями, вміст деяких важких металів у ґрунтах парку перевищував гранично допустимі концентрації. Зокрема, концентрація кадмію перевищувала норму у 5 разів, цинку — у 3,5 рази, а молібдену — у 2 рази [7]. Це свідчить про накопичення забруднюючих речовин у певних екотопах, особливо на алювіальних ґрунтах заплавних ділянок та чорноземах, що межують із зонами інтенсивного землекористування.

Більш стійкими до накопичення важких металів залишалися дерново-карбонатні ґрунти, характерні для крейдяних відслонень, завдяки своїм фізико-хімічним властивостям: високій буферності, лужному середовищу та дренажності. Ці ґрунти краще протистоять мобілізації токсичних елементів та їх переходу у форми, доступні для поглинання рослинами.

До 2022 року сільське господарство в Донецькій області активно застосовувало різноманітні пестициди, зокрема хлорорганічні та фосфорорганічні сполуки. Основними напрямками їх використання було захист зернових, зернобобових, технічних, а також овочевих і баштанних культур від шкідників, хвороб і бур'янів. У 2020 році обсяг використаних пестицидів склав 765,3 тонни у перерахунку на активну речовину. З цього обсягу на зернові та зернобобові культури припадало 292,2 тонни, на технічні культури – 451,5 тонни, а на коренеплоди, бульбоплоди, овочеві та баштанні продовольчі культури – 5,0 тонн.

У 2021 році середній показник внесення пестицидів на 1 гектар уточненої посівної площі становив 1,098 кг, а на 1 гектар фактично обробленої площі – 1,193 кг. Ці дані свідчать про високий рівень агрохімічного навантаження на сільськогосподарські угіддя регіону [16].

Попри те, що в межах Національного природного парку «Святі Гори» пряме використання пестицидів було мінімальним через особливий природоохоронний статус, їх вплив усе ж відчувався. Забруднення ґрунтів парку могло відбуватися шляхом дрейфу пестицидів із прилеглих сільськогосподарських територій під час обробок, а також через змиви з полів під час інтенсивних опадів, які з водами річок

і струмків потрапляли до заплав та інших низинних ділянок. Це особливо впливало на чорноземи та алювіальні лучні ґрунти, які через свою структуру і водно-фізичні властивості є більш вразливими до накопичення забруднювачів [17].

Водночас дерново-карбонатні ґрунти, розташовані переважно на крейдяних схилах, демонстрували більшу стійкість до зовнішніх антропогенних впливів. Їхнє положення в рельєфі, дренаваність та хімічний склад сприяли меншому накопиченню пестицидів і важких металів.

Вплив інтенсивної сільськогосподарської діяльності на навколишнє середовище парку «Святі Гори» оцінюється як суттєвий, що підтверджується фіксацією залишкових концентрацій агрохімікатів у прикордонних до парку ґрунтах. Відсутність систематичних моніторингових досліджень забруднення ґрунтів ускладнює об'єктивну оцінку масштабів цього явища, однак загалом можна стверджувати, що довоєнний стан ґрунтів у межах самого парку залишався відносно стабільним і кращим порівняно з оточуючими антропогенними ландшафтами.

#### 1.4. Радіаційна ситуація в Донецькій області

Внаслідок активного антропогенного забруднення радіонуклідами природного середовища України та через Чорнобильську катастрофу все більше значущості набуває питання впливу як природних так і техногенних джерел радіації на стан екосистем та здоров'я людей.

На території України основні джерела природної радіації зосереджені в межах Українського кристалічного щита та меншою мірою на Донбасі й у Карпатах [13]. Об'єкти з підвищеною природною радіоактивністю включають торієве та

уранове забруднення в кристалічних породах, а також наявність урану і радону в ґрунтовому покриві, підземних і ґрунтових водах.

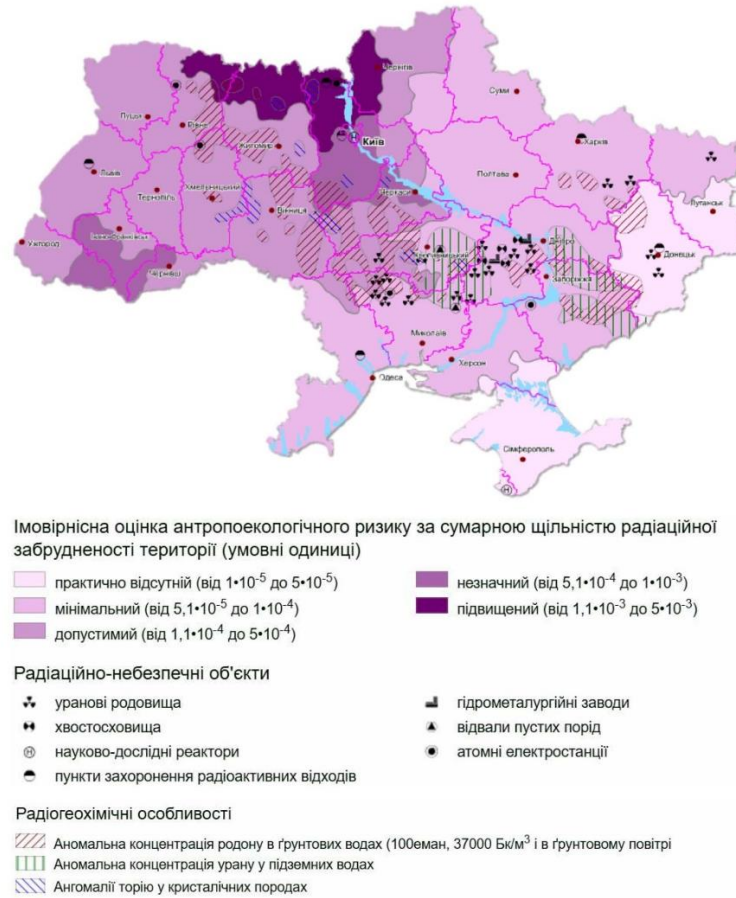


Рисунок 1.5. Радіаційний ризик на території України [14]

Площі з високим рівнем радоновиділення займають близько 20% території кристалічного щита. Вони характеризуються численними природними радіоекологічними аномаліями з концентраціями радону до 100 еман і більше, урану –  $5 \times 10^{-5}$  –  $10^{-4}$  г/дм<sup>3</sup> і радію –  $10^{-11}$  –  $5 \times 10^{-11}$  г/дм<sup>3</sup> [13].

З рисунку 1.1. видно, що на території національного природного парку виділено низку аномальної концентрації радону в ґрунтових водах (100 еман, 37000 Бк/м<sup>3</sup>) і в ґрунтовому повітрі. Внаслідок активного впливу військових дій,

інтенсивні вибухи, руйнування ґрунтового покриву та окопи можуть порушити природні бар'єри радону, а забруднення ґрунту і води важкими металами і хімічними речовинами може вплинути на радоновий баланс.

Вибух четвертого реактора Чорнобильської АЕС спричинив руйнування захисної оболонки та масивний викид радіоактивних речовин у повітря. Майже на 100% територія Донецької області перевищила забруднення доаварійних рівнів 1967-1968 років [15].

Таблиця 1.2. Радіоактивне забруднення Донецької області [15]

Забруднення території цезієм-137 (тис. км <sup>2</sup> )							
Площа області	Рік	Площа території зі щільністю забруднення цезія-137 кБк/м <sup>2</sup>					
		< 2	2-4	4-10	10-20	20-40	40-100
26,5 км <sup>2</sup>	1986	-	0,04	11,57	10,39	3,6	0,9
	2006	-	2,5	16,6	5,35	2,0	0,05
	Забруднення території стронцієм-90 (тис. км <sup>2</sup> ) кБк/м <sup>2</sup>						
	Площа території зі щільністю забруднення стронцієм-90						
	1986	18,4	7,68	0,42	-	-	-
	2006	25,2	1,3	-	-	-	-

Аналізуючи дану таблицю можемо зробити висновок, що забруднення Донецької області цезієм-137 у 1986 значні території області припадали на діапазон 4-10 (11,57 тис. км<sup>2</sup>) та 10-20 (10,39 тис. км<sup>2</sup>). У 2006 році площі з високим рівнем забруднення зменшились, проте зросли площі територій з меншими концентраціями цезію-137, що свідчить про природній розпад радіонуклідів.

У 1986 році значна площа території області мала діапазон забруднення стронцієм-90 менше 2 кБк/м<sup>2</sup>. Через 20 років площа збільшилась, адже відбувається природні розпад та міграції радіонуклідів у нижні горизонту ґрунту.

Вибухи та військові дії можуть суттєво впливати на радіонукліди, що як наслідок призведе до додаткових екологічних та радіаційних загроз. Артилерійські удари, вибухи та обстріли розрихлюють ґрунт і підіймають у повітря пил з радіоактивними частинками, який може переноситись вітром на великі відстані.

## **РОЗДІЛ 2. ВПЛИВ БОЙОВИХ ДІЙ НА ЕКОСИСТЕМУ НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ «СВЯТІ ГОРИ»**

### **2.1. Оцінка постраждалих територій: масштаби руйнувань та площі лісових пожеж**

Національний природний парк «Святі Гори» був створений відповідно до Указу Президента України від 13 лютого 1997 року № 135. Його утворено на основі

ландшафтних заказників загальнодержавного значення «Гори Артема» та «Святогірський». Це перший національний природний парк на лівобережній частині України, що стало важливою віхою у справі охорони природи цього регіону. Парк розташований у Слов'янському та Краснолиманському районах Донецької області та охоплює площу 40448,0 га. З них 11878,0 га передано у постійне користування адміністрації парку. Відповідно до функціонального зонування, територія парку поділена на чотири зони: заповідна зона площею 2648,0 га, зона регульованої рекреації – 32098,0 га, зона стаціонарної рекреації – 1894,0 га та господарська зона – 3808,0 га [1].

Парк «Святі Гори» є одним із найважливіших природоохоронних об'єктів у східній частині України. Його унікальність полягає у поєднанні рідкісних типів ландшафтів, біологічного різноманіття та культурної спадщини. Однак з 2014 року територія парку опинилася у прифронтовій зоні, де тривають бойові дії. Вже у перші місяці конфлікту понад 100 гектарів парку були знищені пожежами, викликаними обстрілами під час боїв за Слов'янськ [8].

З 2022 року ситуація значно загострилася. Через активні бойові дії природні комплекси зазнали безпрецедентного антропогенного навантаження. Це призвело до глибокого порушення екологічної рівноваги на значній частині парку. Території, які колись вражали різноманіттям флори та фауни, зараз перетворилися на зону екологічного лиха. Особливо постраждали унікальні крейдяні схили, реліктові соснові ліси та численні осередки рідкісних видів.

За попередніми оцінками фахівців, у тому числі на основі супутникових знімків та даних Державного агентства лісових ресурсів України, понад 12 тисяч гектарів природоохоронних територій у межах парку зазнали значного ураження. Це майже 80% від усієї площі парку. Особливо серйозно постраждали ділянки поблизу міста Святогірськ, яке неодноразово було епіцентром інтенсивних бойових дій. Внаслідок обстрілів, вибухів та пожеж, значна частина територій стала непридатною для життя рослин і тварин.

Масштабні лісові пожежі є одним із найнебезпечніших наслідків війни для природи парку. Вони виникають як безпосередній результат авіаударів, підривів боєприпасів і умисних підпалів.

Наприклад, за даними Державної служби України з надзвичайних ситуацій, 1 серпня 2024 року внаслідок російського авіаудару виникла масштабна пожежа в національному парку «Святі Гори». Ця пожежа виявилася найбільшою в історії парку. Вогонь охопив великі площі лісу, і його ліквідація тривала 8 днів. За словами директора парку, на відновлення екосистеми після таких руйнувань знадобиться кілька десятиліть.

Друга масштабна пожежа трапилася у вересні 2024 року внаслідок російського обстрілу. Вона охопила 5000–6000 гектарів лісу. Серед постраждалих були не лише ліси, а й житлові будинки, господарські будівлі та транспортні засоби. Приблизно 80% постраждалих лісів складали соснові насадження, які повністю або частково вигоріли. Унікальні крейдянні схили, що є природною рідкістю для Європи, також зазнали значного пошкодження внаслідок вибухів. Локалізація пожежі тривала 8 діб, протягом яких рятувальники боролися з окремими осередками тління. Поширенню вогню сприяли сильний вітер і посушливі погодні умови [9].



Рисунок 2.1. Наслідки масштабної пожежі на території НПП «Святі гори»

На рисунку 2.3. наведено оцінку рівня пошкоджень на різних ділянках парку, що дозволяє візуалізувати масштаби катастрофи та допомогти у плануванні заходів з відновлення [18].

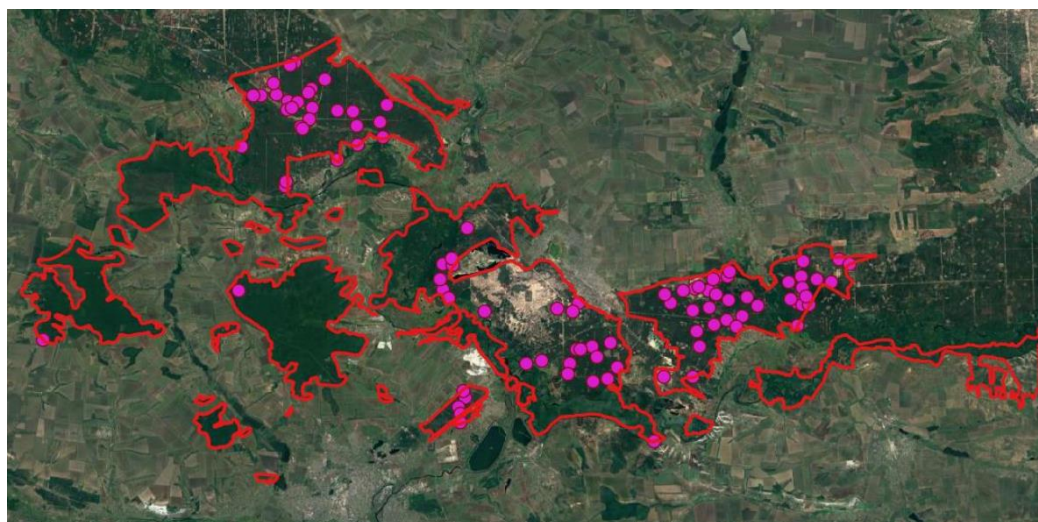


Рисунок 2.2. Точки пожеж за даним MODIS території НПП «Святі Гори» за 2022 рік

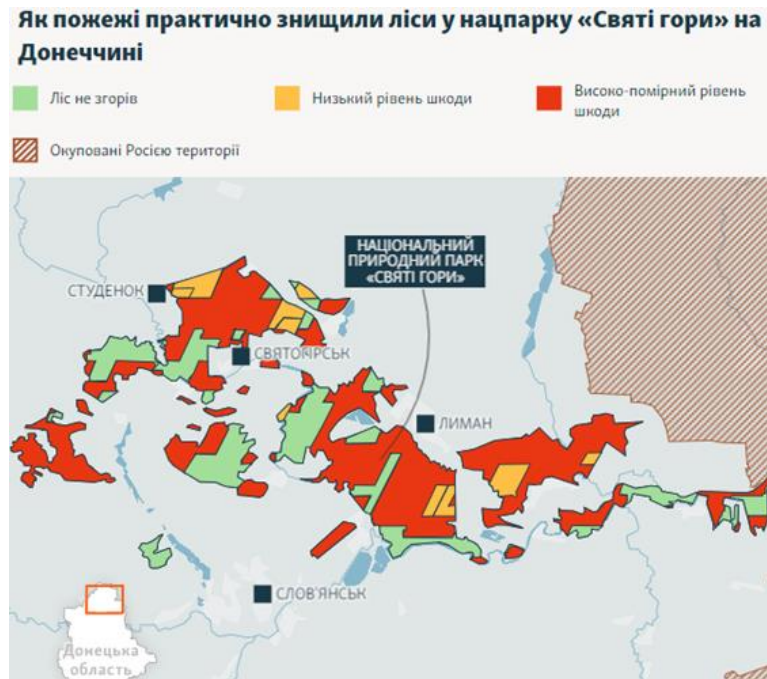


Рисунок 2.3. Оцінка територій, які постраждали внаслідок пожеж [18].

Згідно з офіційною оцінкою Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України, сукупні збитки, завдані Національному природному парку «Святі Гори» внаслідок пожеж і бойових дій, становлять понад 16 мільярдів гривень. Це лише попередня оцінка, оскільки остаточне встановлення розмірів збитків стане можливим лише після завершення воєнних дій і повного розмінування території. Парк, розташований у безпосередній близькості до лінії фронту, постійно піддається загрозам нових обстрілів, що ускладнює екологічний моніторинг, рятувальні роботи та процес відновлення.

Протягом першої половини 2024 року велися систематичні спостереження за виникненням термоточок на території парку за допомогою супутникового сервісу NASA FIRMS. Дані, отримані в період з 1 січня по 11 липня, засвідчили наявність 64 днів, протягом яких реєструвалися загоряння. Найтриваліша з пожеж тривала 10 діб — з 6 по 14 квітня, охопивши значну площу лісу. Виникнення пожеж, як правило, було наслідком ворожих обстрілів, детонації вибухових пристроїв, а також дії високих температур, відсутності опадів і сильного вітру.

Кліматичні умови, що переважають у регіоні, зокрема, тривала засуха і спека, значно посилюють ризики для природних екосистем парку. Особливу небезпеку становлять повторні займання внаслідок тління торішньої рослинності та недоочищених від снарядів територій. Вибухонебезпечні предмети, залишені після боїв, становлять додаткову загрозу для працівників парку та рятувальників.

Також, наразі Державна служба України з надзвичайних ситуацій (ДСНС) проводить поступове розмінування парку. Цей процес є вкрай тривалим і складним, адже значна частина території залишається замінованою або потенційно небезпечною через нерозірвані боєприпаси. Попри всі труднощі, адміністрація парку поступово відновлює свою діяльність: зокрема, було поновлено вирубки пошкоджених або сухостійних лісових насаджень, що є необхідною мірою для зменшення ризиків подальших пожеж.

Поновлення господарської діяльності відбувається з урахуванням екологічної доцільності та під постійним моніторингом відповідних державних структур. Проте головна мета парку на найближчі роки — не лише вижити в умовах війни, але й зберегти можливість для поступового відновлення унікальних природних комплексів, що мають виняткову цінність для України та всієї Європи.

Окрім очевидної втрати біорізноманіття та руйнування природних ландшафтів, масштабні лісові пожежі в національному природному парку «Святі Гори» мають також серйозний вплив на атмосферу та мікроклімат регіону. Спалення великої кількості органічної маси призводить до викидів значних обсягів вуглекислого газу, чадного газу, сажі та інших шкідливих аерозолів. За попередніми оцінками екологів, лише пожежі серпня та вересня 2024 року могли спричинити викид понад 50 тисяч тонн CO<sub>2</sub> в атмосферу, що співвідноситься з річними викидами від десятків тисяч автомобілів. Це не лише погіршує якість повітря в зоні бойових дій, а й впливає на загальну кліматичну ситуацію у східному регіоні України. Порушення водного балансу ґрунтів, зниження рівня вологості повітря та перегрів поверхні землі створюють умови для повторних загорянь і ускладнюють

відновлення природних екосистем. Подальші дослідження мають зосередитися на кількісній оцінці змін атмосферного складу та довгострокових наслідках для кліматичної стабільності цього району.

Також надзвичайно серйозним екологічним наслідком бойових дій у межах Національного природного парку «Святі Гори» стало погіршення стану водних ресурсів. Руйнування ґрунтового покриву, пошкодження берегів річок та замулення малих водойм призводять до зменшення природного фільтраційного потенціалу території. Зокрема, підземні води зазнають подвійного впливу: з одного боку, через порушення природного лісового покриву погіршується їх поповнення, з іншого – через потрапляння хімічних речовин із боєприпасів і паливно-мастильних матеріалів фіксується погіршення якості вод. Це може призвести до довготривалого забруднення джерел питної води у регіоні та порушення гідрологічного балансу території.

Додатково слід зазначити, що втрати рослинного покриву, особливо на крутих крейдяних схилах, спричиняють розвиток ерозійних процесів, які можуть бути незворотними. У таких умовах значно посилюється стік дощових вод, що сприяє змиванню верхнього родючого шару ґрунту, осипанню схилів та формуванню ярів. Ці процеси не лише ускладнюють подальше відновлення природних екосистем, але й загрожують стабільності ландшафту в цілому.

Для оперативної оцінки ситуації в зоні бойових дій усе більшого значення набуває використання супутникових даних та аерофотозйомки з дронів. Завдяки сервісам на кшталт NASA FIRMS, Copernicus та Planet Labs стало можливим фіксувати термоточки, аналізувати зміни у вегетаційному покриві, визначати площі вигорілих ділянок і моделювати зони підвищеного ризику. Дані супутникових знімків допомагають також виявляти нові зони загорянь, оцінювати ефективність гасіння пожеж і виявляти території, найбільш придатні для початку заходів із відновлення.

Безпілотні літальні апарати (дрони) стали незамінними у зборі детальної інформації на локальному рівні. Завдяки можливості отримання високоточних зображень з висоти можна фіксувати дрібні пошкодження, стан окремих насаджень, локалізацію нерозірваних боєприпасів та сліди незаконної вирубки. Використання таких технологій особливо важливе в умовах обмеженого доступу людей до замінованих або небезпечних ділянок.

Загальна екологічна ситуація у регіоні після багаторічних бойових дій набула ознаки кризи. Втрата природного рослинного покриву порушує природні ланцюги трофічних взаємозв'язків. Багато видів флори й фауни, які раніше мешкали на території парку, нині або зникли, або перебувають під загрозою локального вимирання. Зокрема, постраждали популяції таких червонокнижних видів, як махаон, орел-карлик, ковила Лессінга, сон чорніючий та інші [9,10].

Порушення природних екосистем призводить до деградації ґрунтів, зменшення продуктивності місцевих лісів та зниження здатності ландшафту до самовідновлення. Як наслідок, регіон втрачає не лише екологічну, а й рекреаційну привабливість, що у майбутньому може негативно позначитися на економічному відновленні після війни.

З огляду на масштаби руйнувань, ефективне відновлення природного середовища Національного природного парку «Святі Гори» вимагає комплексного, міждисциплінарного підходу. Серед першочергових рекомендацій:

1. Завершення повного розмінування територій, що є базовою умовою для подальшої реабілітації природних об'єктів і безпечної роботи екологів, лісників та волонтерів.

2. Створення спеціалізованих програм з екологічного моніторингу у співпраці з міжнародними організаціями. Необхідно впровадити систематичний збір даних щодо стану ґрунтів, вод, біорізноманіття та атмосферного повітря.

3. Розробка програми лісовідновлення, орієнтованої на збереження локальних екотипів, адаптованих до умов регіону. Це особливо важливо для реліктових соснових лісів і крейдянних схилів.

4. Впровадження проєктів екологічної реабілітації за участю місцевих громад, науковців та молоді. Такі програми не лише сприятимуть відновленню природи, але й залучатимуть людей до процесу відбудови країни.

5. Пошук фінансування через міжнародні грантові програми, як-от Green Recovery Ukraine, UNDP, GEF, що дозволить залучити ресурси для відновлення інфраструктури парку та підтримки природоохоронної діяльності.

6. Розробка екотуристичних маршрутів у безпечних зонах, які можуть бути відкриті після завершення бойових дій. Це сприятиме підвищенню обізнаності громадськості щодо важливості збереження довкілля.

## 2.2. Зміни у рослинному покриві та фітоценозах парку: порівняння довоєнного та сучасного стану

Національний природний парк «Святі гори» є найціннішою природоохоронною територією Лівобережної України. Цей комплекс характеризується унікальними різноманітними ландшафтами – крейдяними відслоненнями, хвойними та байрачними лісами, заправою річки Сіверський Донець, степовими ділянками та луками. Завдяки такому різноманіттю, в парку росте чимало рідкісних та зникаючих видів рослин.

Таблиця 2.1. Види червонокнижних рослин, що ростуть на території НПП «Святі гори» [19].

№	Назва	Охоронний статус	Місцезростання в парку
1.	Булатка червона <i>Cephalanthera rubra</i>	Червона книга України	Листяні ліси парку
2.	Бурачок голоніжковий <i>Alyssum gymnopodium</i>	Червона книга України	Крейдяні відслонення парку
3.	Волошка донецька <i>Centaurea donetzica</i>	Європейський червоний список, Червона книга України	Борові піски, росте вздовж річки Сіверський Донець
4.	Гісоп крейдяний <i>Hyssopus cretaceus</i>	Європейський червоний список, Червона книга України	Крейдяні відслонення річки Сіверський Донець
5.	Глід український <i>Crataegus ucrainica</i>	Міжнародний союз охорони природи, Європейський червоний список	Листяні ліси парку
6.	Гніздівка звичайна <i>Neottia nidus-avis</i>	Червона книга України	Листяні ліси парку
7.	Громовик донський <i>Onosma tanaitica</i>	Червона книга України	Крейдяні відслонення парку
8.	Дворядник крейдяний <i>Diploaxis cretacea</i>	Червона книга України	Крейдяні відслонення парку
9.	Дельфіній Сергія <i>Delphinium sergii</i>	Червона книга України	Узлісся та вапнякові відслонення

10	Дзвінець крейдяний <i>Rhinanthus cretaceus</i>	Європейський червоний список	Крейдяні відслонення парку
11.	Дрік донський <i>Genista tanaitica</i>	Червона книга України, Міжнародний союз охорони природи, Європейський червоний список	Крейдяні відслонення парку
12.	Жовтушник крейдяний <i>Erysimum cretaceum</i>	Міжнародний союз охорони природи	Крейдяні відслонення парку
13.	Жовтушник український <i>Erysimum ucranicum</i>	Європейський червоний список	Крейдяні відслонення парку
14.	Зірочки борові <i>Gagea pineticola</i>	Європейський червоний список	Штучні насадження сосни , галявини по піщаній терасі Сіверського Дінця
15.	Зозулинець блощичний <i>Orchis coriophora</i>	Червона книга України	Вологі місця та луки
16.	Зозулинець болотний <i>Orchis palustris</i>	Червона книга України	На болотах та луках
17.	Зозулині черевички справжні <i>Sypripedium</i> <i>calceolus</i>	Червона книга України, Бернська конвенція	В листяних лісах парку
18.	Келерія Талієва <i>Koeleria talievii</i>	Червона книга України	Степові ділянки та крейдяні відслонення

19.	Ковила відокремлена <i>Stipa disjuncta</i>	Червона книга України	Степові ділянки парку
20.	Ковила волосиста <i>Stipa capillata</i>	Червона книга України	Степові ділянки парку
21.	Ковила дніпровська <i>Stipa borysthenica</i>	Червона книга України	На пісках та степових ділянках парку
22.	Ковила Залеського <i>Stipa zalesskii</i>	Червона книга України, Міжнародний союз охорони природи	Степові ділянки парку
23.	Ковила Лессінга <i>Stipa lessingiana</i>	Червона книга України	Степові ділянки парку
24.	Ковила найкрасивіша <i>Stipa pulcherrima</i>	Червона книга України	Степові ділянки парку та кам'янистих відслоненнях
25.	Козельці донські <i>Tragopogon tanaiticus</i>	Червона книга України	На пісках вздовж русла річки Сіверський Донець
26.	Коручка темночервона <i>Eripactis atrorubens</i>	Червона книга України	В лісах парку
27.	Коручка чемерниковидна <i>Eripactis helleborine</i>	Червона книга України	В лісах парку
28.	Косарики тонкі <i>Gladiolus tenuis</i>	Червона книга України	В заплавах луках

29.	Костриця крейдяна <i>Festuca cretacea</i>	Червона книга України	Крейдяні відслонення парку
30.	Ластовень проміжний <i>Vincetoxicum intermedium</i>	Європейський червоний список	Крейдяні відслонення парку
31.	Лікоподієлла заплавна <i>Lycopodiella inundata</i>	Червона книга України	Вологі місця вздовж русла річки Сіверський Донець
32.	Любка дволиста <i>Platanthera bifolia</i>	Червона книга України	Листяні ліси та заболочені території
33.	Маренка сіроплода <i>Asperula tephrocarpa</i>	Міжнародний союз охорони природи	Крейдяні відслонення парку
34.	Пирій ковилолистий <i>Elytrigia stipifolia</i>	Червона книга України, Міжнародний союз охорони природи, Європейський червоний список	На степових ділянках
35.	Півники борові <i>Iris pineticola</i>	Червона книга України	Борові ліси та степові ділянки
36.	Півонія тонколиста <i>Paeonia tenuifolia</i>	Червона книга України, Бернська конвенція	На степових ділянках
37.	Підмаренник волинський <i>Galium volhynicum</i>	Європейський червоний список	Крейдяні відслонення парку
38.	Полин суцільнобілий <i>Artemisia hololeuca</i>	Червона книга України, Міжнародний союз	На степових ділянках та

		охорони природи, Європейський червоний список	крейджаних відслоненнях
39.	Ранник крейджаний <i>Scrophularia cretacea</i>	Червона книга України, Міжнародний союз охорони природи, Європейський червоний список	Крейджані відслонення парку
40.	Рутвиця смердюча <i>Thalictrum foetidum</i>	Червона книга України	В дібровах парку
41.	Рябчик малий <i>Fritillaria meleagroides</i>	Червона книга України	На заплавних луках Сіверського Дінця
42.	Рябчик руський <i>Fritillaria ruthenica</i>	Червона книга України	Байрачні ліси, луки
43.	Рястка Буше <i>Ornithogalum boucheanum</i>	Червона книга України	Байрачні та заплавні ліси
44.	Сальвінія плаваюча <i>Salvinia natans</i>	Червона книга України, Бернська конвенція	По старицях та в заплавах річки Сіверський Донець
45.	Сиренія Талієва <i>Syrenia talijevii</i>	Червона книга України, Європейський червоний список	На крейджаних відслоненнях
46.	Сон лучний <i>Pulsatilla pratensis</i>	Червона книга України	На узліссях та сухих схилах

47.	Сосна крейдяна <i>Pinus cretacea</i>	Червона книга України, Міжнародний союз охорони природи, Європейський червоний список	Крейдяні відслонення парку
47.	Тюльпан дібровний <i>Tulipa quercetorum</i>	Червона книга України	В лісах парку, заплава річки Сіверський Донець
49.	Тюльпан змієлистий <i>Tulipa ophiophylla</i>	Червона книга України	На степових ділянках
50.	Фіалка Лавренка <i>Viola lavrenkoana</i>	Європейський червоний список	По березових колках та піщаній терасі річки Сіверський Донець
51.	Шафран сітчастий <i>Crocus reticulatus</i>	Червона книга України	На степових ділянках, дібровах та узліссі
52.	Шоломниця крейдяна <i>Scutellaria cretica</i>	Червона книга України	На крейдяних схилах парку

Проаналізувавши дані, було побудовано діаграму розподілу рослин, що зростають на територіях Національного природного парку «Святі гори», відповідно до їх охоронного статусу. 32 види занесені до Червоної книги України, що становить найбільшу частку. 6 видів занесені до Європейського Червоного списку, а 2 види до Міжнародного союзу охорони природи. 4 види мають комбінований охоронний статус Червоної книги України, Європейського Червоного списку та

Міжнародного союзу охорони природи. Це вказує на високу природоохоронну цінність Національного природного парку «Святі гори».

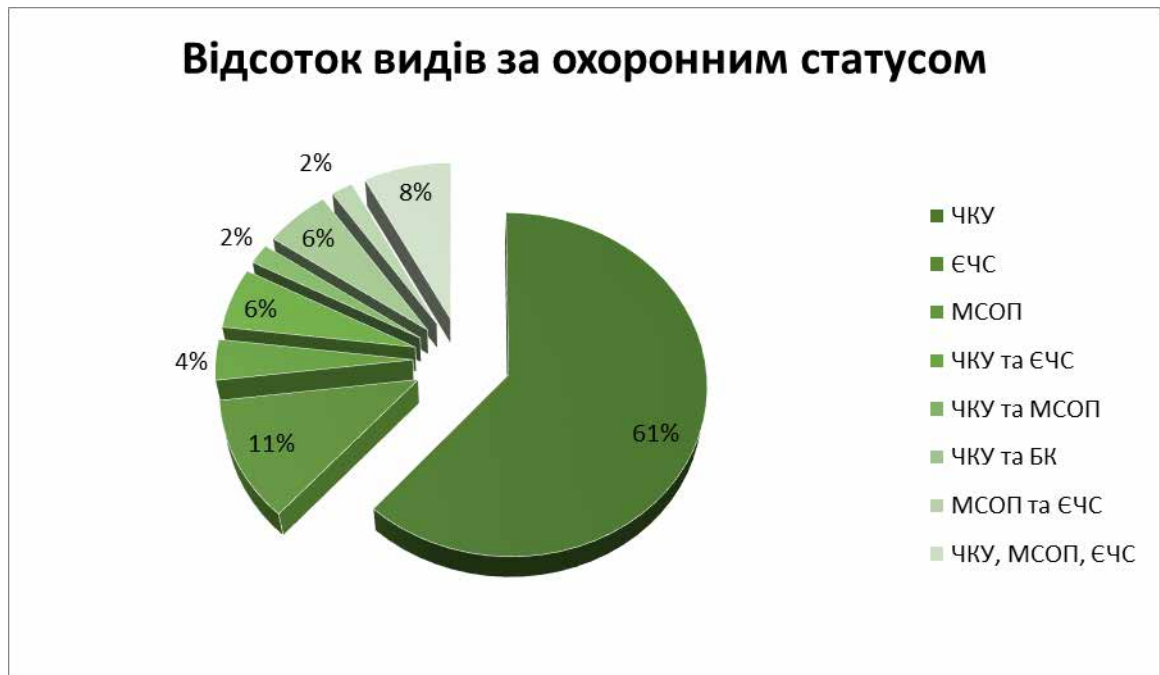


Рисунок 2.4. Діаграма розподілу рослин відповідно до їх охоронного статусу, що зростають на території НПП «Святі гори»

Однак внаслідок військової агресії, природна рівновага цієї унікальної території опинилась під загрозою. Через бойові дії, масштабні пожежі, руйнування ґрунтового покриву та порушення цілісності екосистем, зростає ризик втрати унікальних та ендемічних видів рослин.

Пожежі та бойові дії, що відбуваються на території Національного природного парку «Святі Гори», призвели до масштабних, довготривалих і у багатьох випадках незворотних наслідків для екологічної системи не лише регіону, а й усієї України. Руйнування лісових масивів, загибель тварин, забруднення ґрунтів, води та атмосфери створили складну і тривожну ситуацію, яка вимагає не лише термінового реагування, а й довготривалої стратегії відновлення.

За словами директора парку, одна з найбільших пожеж у 2024 році спричинила катастрофічні наслідки: «Забруднена земля, повітря, немає місця для проживання комах і птахів». Ці слова підтверджують системну деградацію природного середовища. Знищення рослинного покриву, зміни мікроклімату та втрата біотопів спричинили значне зменшення популяцій численних видів. Зокрема, спостерігається повне зникнення кажанів, які відігравали ключову роль у контролі популяцій шкідливих комах. Втрата дерев із дуплами, які служили їм за сховища, позбавила цих ссавців середовища існування, а частина з них, ймовірно, загинула в полум'ї.

За інформацією наукового співробітника НПП «Кремінські ліси» Володимира Яроцького, екологічна шкода поширюється на всю харчову піраміду. Великі тварини, які першими реагують на стресові чинники, залишили ліс ще на початку активних бойових дій у 2022 році. Це викликало каскад порушень в екосистемі. Відсутність великих хижаків призводить до неконтрольованого розмноження дрібних гризунів, що у свою чергу може викликати спалахи хвороб, небезпечних для людей. При цьому зникає природний баланс: «Зникає рослинність – зникають мишоподібні гризуни. Немає гризунів – немає кормової бази для хижаків. А потім усе навпаки, але вже зі шкодою для людини» [9].

Величезної шкоди зазнали унікальні флористичні комплекси. Особливо болісною втратою стала майже повна загибель червонокнижної сосни крейдової, яка росла виключно на правобережних крейдяних схилах Сіверського Дінця. Через забруднення вибухонебезпечними предметами дослідження території можливе лише візуально, однак навіть такі спостереження підтверджують катастрофічні втрати: природне відновлення рослинності практично не відбувається, а схили лишаються понівеченими і забрудненими.

За даними Міндовкілля, лише попередні збитки, завдані парку, оцінюються у понад 16 мільярдів гривень. Проте в умовах активної фази бойових дій та тотального мінування ці оцінки можуть бути лише умовними. Зокрема, станом на

червень 2024 року значна частина Крейдяного лісу залишається нерозміненою. Фахівці допускають, що повне розмінування цих територій може ніколи не відбутися через відсутність відповідних технологій.

Експерти пропонують застосування методики контрольованого відпалу для розчищення територій від щільної рослинності, яка ускладнює розмінування. Однак, оскільки мова йде про національний природний парк, проведення таких заходів може бути юридично складним або навіть забороненим. У той же час, без цього неможливо ані повернення рідкісних видів, ані навіть відновлення елементарного природного середовища.

Крім безпосереднього фізичного знищення лісів, вибухи боєприпасів та пожежі призвели до сильного хімічного забруднення. Це створює довготривалу загрозу як для природи, так і для здоров'я місцевих мешканців. Спостерігається також порушення водного балансу: випалені ліси втратили здатність утримувати вологу, що веде до зниження рівня ґрунтових вод, ерозії та зсувів, особливо на схилах і в долині Сіверського Дінця.

Пожежі також завдали великої шкоди фауні. Знищено численні популяції птахів, ссавців, рептилій та комах, багато з яких були занесені до Червоної книги України. Серед них вечірниця велетенська (*Nyctalus lasiopterus*), зміїд (*Circaetus gallicus*), орлан-білохвіст (*Haliaeetus albicilla*). Втрачено місця гніздування, кормові бази й середовище існування [9,10].

Підриви у водоймах знищили рибу та амфібій, що вказує на серйозне забруднення водних екосистем. Крім того, російські військові цілеспрямовано експлуатують природно-заповідний фонд України для своїх потреб, здійснюють незаконні вирубки, вивозять тварин до російських зоопарків, ведуть браконьєрське полювання. Навіть проліт ракет над заповідною зоною спричиняє екологічну шкоду через викиди токсичного ракетного палива.

Не менш критичною є ситуація з інфраструктурою: зруйновані адміністративні будівлі, техніка, пожежне обладнання. Усе це ускладнює будь-які

спроби охорони і відновлення парку. А тим часом рослинність, яка ще залишилася, гине, тварини залишають територію або гинуть у пастках, а масштаби деградації лише зростають.

План відновлення, озвучений Міндовкіллям у серпні 2024 року, після нових хвиль пожеж і наступу російської армії потребує суттєвого коригування. Як зазначає керівник «Лиманського лісового господарства» Олексій Приходько, навіть у разі негайного припинення бойових дій, на повне відновлення лісів «Святих гір» знадобиться щонайменше 50–70 років.

Один із найменш досліджених, але критично важливих аспектів деградації рослинного покриву у НПП «Святі Гори» — це руйнування ґрунтового мікробіому. До війни ґрунти парку були насичені мікроорганізмами, які сприяли циркуляції поживних речовин, симбіозу з кореневими системами (особливо мікоризоутворенням), фіксації азоту, регуляції рН і водного балансу. Це була невидима, але надважлива «екосистема в ґрунті», яка забезпечувала здоров'я фітоценозів.

Після потужних вибухів, пожеж, а також хімічного забруднення ґрунтів важкими металами, паливом і залишками боєприпасів, мікрофлора та мікрофауна практично знищені. Унаслідок цього:

- порушено колообіг азоту і фосфору;
- ускладнене проростання навіть збереженого насіння;
- зменшено біологічну активність ґрунту;
- знищено симбіотичні гриби та бактерії, які раніше допомагали деревам витримувати стреси.

У деяких випадках навіть ручна посадка дерев чи посів трав не дають результату, бо ґрунт «мертвий» — тобто не має достатньої мікробної активності для підтримки життя.

До повномасштабного вторгнення рослинні угруповання парку «Святі Гори» забезпечували широкий спектр екосистемних послуг — як регуляторних

(очищення повітря, утримання води, кліматорегуляція), так і культурних (туризм, наука, духовна цінність). Унаслідок деградації фітоценозів ці функції або повністю втрачено, або зведено до мінімуму. Наприклад:

- Утримання дощової вологи: зруйновані лісові екосистеми більше не гальмують поверхневий стік, що спричиняє повені або ерозію.
- Пилопоглинання та фотосинтез: без лісів зростає рівень запиленості та вуглекислого газу в атмосфері.
- Культурні послуги: знищені рекреаційні зони, історико-природна привабливість території.

#### Проблема вторинного насінневого забруднення

Окрема загроза — це вторинне насінневе забруднення, тобто проникнення чужорідних видів рослин на постраждалі ділянки. Через втрату природної конкуренції, знищення автохтонних рослин і порушення балансу, парку загрожує масове заселення інвазійними видами (наприклад, амброзія, борщівник, гледичія, айлант).

Ці види не тільки витісняють місцеву флору, а й:

- значно виснажують ґрунт;
- продукують алелопатичні речовини (токсини), що пригнічують проростання інших рослин;
- ускладнюють подальшу реабілітацію природних фітоценозів.

Особливо ризикованими є узлісся, дороги, зони біля водних об'єктів, де ці види можуть швидко поширюватися.

Зважаючи на катастрофічні наслідки військових дій для природних фітоценозів Національного природного парку «Святі Гори», першочерговим завданням екологів і природоохоронців є розробка багаторівневої стратегії відновлення рослинного покриву з урахуванням особливостей поствоєнного ландшафту, мінералізації ґрунтів, втрати мікробіому та ризику вторинного заселення інвазійними видами.

На першому етапі рекомендовано здійснити детальне геобіохімічне картування пошкоджених ділянок з використанням дистанційного зондування Землі, дронів та лабораторного аналізу проб ґрунту. Це дозволить ідентифікувати рівень забруднення токсичними елементами (свинець, кадмій, ртуть) і розробити зону специфічного впливу для кожного фрагмента парку.

Наступним кроком є рекультивація деградованих ґрунтів. Доцільно впровадити методи фітореMediaції — висадження рослин-гіперакумуляторів, зокрема амаранту, гірчиці, коноплі, для природного очищення від забруднень. Окрім цього, слід застосовувати органічні біоактиватори (біогумус, компости) та симбіотичні грибні інокулянти для відновлення мікробної активності.

Важливим аспектом є відновлення мікробіому ґрунту шляхом біологічної санації. Це включає внесення специфічних коктейлів з мікоризоутворюючими грибами, азотфіксувальними бактеріями та ферментними комплексами, що покращують структуру ґрунту і сприяють закріпленню насаджень.

У контексті відновлення рослинного покриву рекомендовано орієнтуватися на покрокову екосукцесію. На перших етапах не слід одразу впроваджувати лісовідновлення — необхідно стабілізувати ділянки за допомогою лучних і піонерних трав'яних асоціацій, які формують підґрунтя для майбутніх деревостану. В умовах надмірного освітлення й низької вологості рекомендовано висівати автотонні трави, які не пригнічують мікробіом, але сприяють накопиченню органіки.

Особливу увагу слід приділити контролю інвазійних видів, які активно заселяють відкриті ділянки. Необхідно сформувати систему оперативного реагування з моніторинговими групами та застосуванням гербіцидів або механічного видалення, особливо щодо амброзії, борщівника та айланта.

Необхідним доповненням до польових заходів є збереження генофонду реліктових видів. Рекомендовано створити тимчасові ботанічні колекції та розсадники сосни крейдової, ковили та інших червонокнижних видів на базі

ботанічних садів, із перспективою їх повернення до природного середовища після стабілізації ситуації.

Комплекс заходів має супроводжуватись довготривалим моніторингом фітоценозів, їхньої структури, видового складу та рівня біологічного різноманіття. Особливу увагу варто звертати на динаміку змін ґрунтової активності, наявність патогенних грибів, паразитів, порушення сукцесійних процесів.

Науково обґрунтована стратегія реабілітації фіторесурсів НПП «Святі Гори» повинна реалізовуватись у координації з Міністерством захисту довкілля, науковими установами, міжнародними партнерами та місцевими громадами. Тільки за умов комплексного підходу та широкої міждисциплінарної співпраці можливо забезпечити поступове відновлення унікального біотичного середовища парку [11,12].

Національний природний парк «Святі Гори» зазнав катастрофічних змін через бойові дії, що призвело до радикальної трансформації рослинного покриву. Порівняльні дані демонструють масштаб втрат:

Довоєнний стан (до 2014 року):

1. Загальна площа парку: 40 589 га
2. Лісистість: 91% території ( $\approx$ 36 936 га)
3. Соснові насадження: 60% лісового масиву
4. Діброви: 33% лісів ( $\approx$ 12 189 га)
5. Крейдяні сосни: 487 га реліктових насаджень
6. Червона книга України: 48 видів рослин під охороною

Сучасний стан (2024 рік):

1. Ушкоджено лісів: 18 000 га (49% довоєнних лісів)
2. Повністю знищені соснові масиви: 80% від загальної площі
3. Втрачено крейдяних сосен: 100% на ділянках лінії фронту
4. Знищені діброви: 40% від довоєнного обсягу

Особливо вражає втрата унікальних крейдяних сосен, які не відновлюються природним шляхом через забруднення ґрунтів продуктами згоряння боєприпасів. Довгостроковий прогноз передбачає повне відновлення екосистеми не раніше ніж через 50-70 років за умови припинення бойових дій і запуску реабілітаційних програм.

Отже, національний природний парк «Святі Гори» переживає одну з найбільших екологічних катастроф в історії України. Втрата унікальних природних комплексів, включаючи реліктові соснові насадження та крейдяні сосни, є важким ударом по біорізноманіттю не тільки національного, але й європейського рівня. Проте завдяки об'єднаним зусиллям держави, науковців, громадськості та міжнародних партнерів існує шанс на відновлення цього природного багатства. Відновлення екосистеми буде довготривалим процесом, але воно є необхідним для збереження природної спадщини, що має незаперечну цінність для наступних поколінь [1, 11, 12].

Продовжуючи, варто підкреслити, що відновлення національного природного парку «Святі Гори» має стати пріоритетом не лише на національному, але й на міжнародному рівні. Це потребує системного підходу: очищення територій від залишків боєприпасів, відновлення ґрунтів, висадження автохтонних видів рослин, а також моніторингу стану фауни і флори. Необхідно створити спеціальні реабілітаційні програми для тварин, які постраждали від порушення природного середовища, а також організувати освітні кампанії для місцевого населення, щоб стимулювати дбайливе ставлення до природи.

Окрім безпосередньої екологічної шкоди, війна завдала також глибокого психологічного удару по місцевим громадам, які протягом десятиліть жили в гармонії з природою. Втрата лісів, джерел, диких тварин і знайомих пейзажів — це не лише екологічна втрата, а й частина колективної травми. Тому важливо паралельно з екологічним відновленням реалізовувати програми психологічної підтримки та екотерапії, які допоможуть людям повернути зв'язок з природою.

Велике значення має також залучення молоді до відновлення екосистем: екологічні волонтерські табори, освітні програми та інтеграція теми сталого розвитку у шкільну та університетську освіту формуватимуть нове покоління свідомих громадян. Такий підхід сприятиме не тільки екологічній, а й соціальній відбудові постраждалих регіонів.

### **РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБ ҐРУНТУ НА ВМІСТ В НИХ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ТА РАДІОНУКЛІДІВ**

#### **3.1. Маршрути та точки відбору проб ґрунту та рослинності**

В межах дослідження було проведено відбір та аналіз зразків ґрунту на вміст важких металів та радіонуклідів на території Національного природного парку «Святі гори». Дані території зазнали значного впливу внаслідок активних бойових дій, що спричинило техногенне забруднення ґрунтів. Дослідження охоплює два маршрути, які мають різний тип ландшафту.

Під час планування маршрутів та точок відбору проб на території Національного природного парку «Святі гори» основними критеріями було:

1. Безпека для дослідника. Маршрути прокладені з урахуванням мінімального ризику та доступності. Два маршрути проходять на територіях, які не перебувають під активними та прямими обстрілами та заходяться в дозволеній зоні перебування.

2. Наявність слідів активних бойових дій. Два маршрути пролягали через території з наявними наслідками артилерійських обстрілів, переміщення важкої військової техніки, перемішування ґрунтових горизонтів внаслідок окопів та точкові лісові пожежі.

Маршрут №1. Даний маршрут має високе соціальне, рекреаційне, культурне та екологічне значення для Національного парку. Попри небезпеку, під час військового стану дана територія залишається популярним місцем для відвідування, зокрема для волонтерів, журналістів та туристів, які повертаються до улюблених краєвидів.



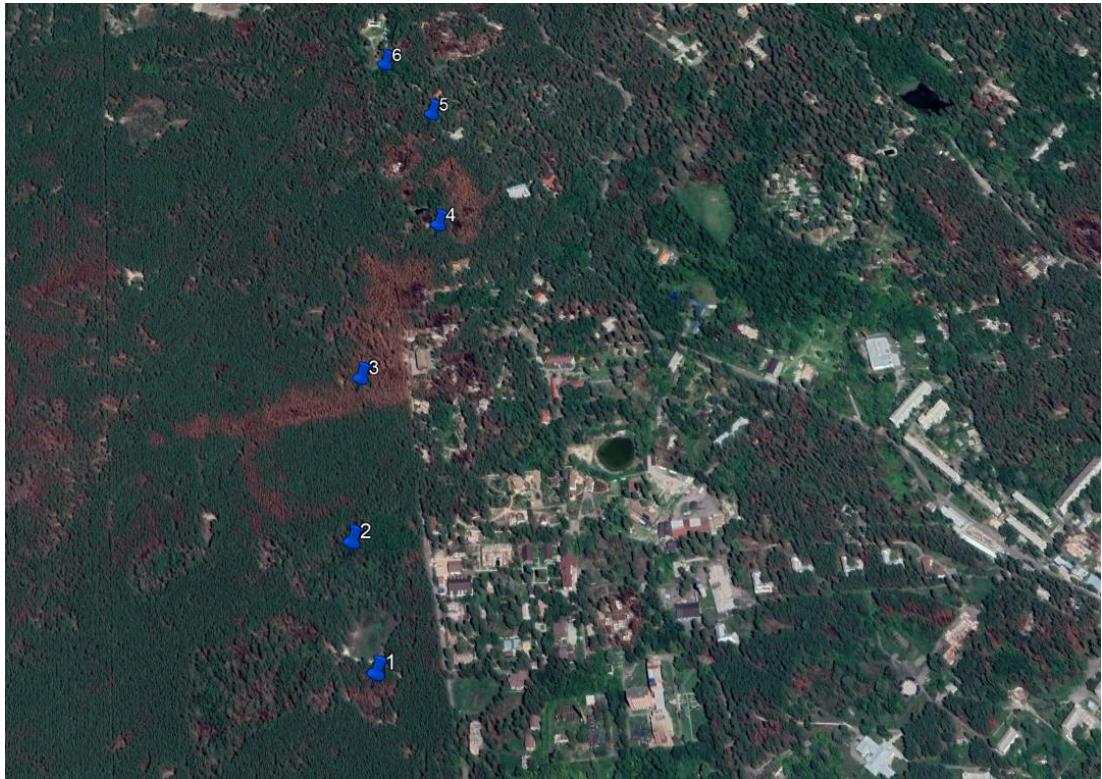
Рисунок 3.1 Візуальне зображення ділянок відбору проб ґрунту на маршруті №1 з використанням програми Google Earth

Таблиця 3.1 Відомості про точки на маршруті № 1.

Номер точки	Опис точки та ділянки	Координати точки відбори
1.	Вихідна ділянка маршруту, яка розташована поблизу лісового масиву. Один з найпопулярніших об'єктів НПП «Святі гори» пам'ятник «Артему».	49.028829° 37.573241°
2.	Точка, яка розташована в зоні густого, лісового масиву, де немає яскраво пошкодженої ділянки ґрунту.	49.028144° 37.574669°

3.	Точка, яка також розташована на лісистій території, де були знайдені наслідки ворожого обстрілу.	49.027178° 37.574382°
4.	Точка розташована на території поля, де перемішані горизонту ґрунту внаслідок окопів. Є очевидні ознаки артилерійських ударів та є залишки техніки.	49.026051° 37.573597°
5.	Точка доповнює попередню, де були наявні вирви внаслідок ворожих обстрілів.	49.024849° 37.573381°
6.	Крайня точка розташована на території церкви, яка була зруйнована прямим влучанням важкої артилерії.	49.023567° 37.574559°

Маршрут №2. Другий маршрут розміщений на природному, лісовому масиві, який зазнав великих ушкоджень від військових дій. Це унікальний комплекс з лісовими екосистемами, рідкісною флорою та фауною, який має високу природоохоронну цінність. Тут були зафіксовані масштабні лісові пожежі, вибухи боєприпасів та переміщення військової техніки, що пошкодило ґрунт, лісову рослинність та цілісність екосистеми.



Ринусок 3.2. Візульне зображення ділянок відбору проб ґрунту на маршруті №2 з використанням програми Google Earth

Таблиця 3.2. Відомості про точки на маршруті №2.

Номер точки	Опис точки та ділянки	Координати точки відбору
1.	Точка розташована на ділянці, де було потрапляння снаряду, внаслідок чого, було загорання лісової екосистеми. На поверхні були залишки згорілої рослинності та шар попелу 2 сантиметри.	49.039810° 37.540024°
2.	Точка розміщена в густому лісі, але має менш пошкоджену екосистему.	49.039810° 37.540024°

3.	На даній точці було зафіксовано пошкодження лісової екосистеми наслідок пожежі. Виявлено шар попелу та пошкоджену рослинність.	49.041570° 37.539348°
4.	Також зафіксована ділянка з лісовою пожежею, внаслідок потрапляння снарядів.	49.043670° 37.540483°
5.	На ділянці було виявлено пошкодження ґрунту внаслідок важкої техніки та вибухів.	49.046484° 37.540474°
6.	На території була аналогічна ситуація з пошкодженням ґрунту та виявлені лісові пожежі.	49.046484° 37.540474°

Відбір проб ґрунту та рослинності було проведено у вересні 2024 року в межах досліджуваних маршрутів території Національного природного парку «Святі гори» [20]. Кожна проба ґрунту важила близько 2 кілограмів. Зразки були точковими та отримані відібрані методом простого випадкового відбору. Перед відбором ділянка очищувалась від поверхневого шару листя, рослинності та каміння. Викопування зразка здійснювалось на глибину 15 сантиметрів. Проби рослин відбирались на тих самих маршрутах, що і ґрунт. Наземна частина рослин була обрізана ножом та попередньо очищена від ґрунту.



Рисунок 3.3 Відбір проб ґрунту на постраждалих територіях НПП «Святі гори»

Для зберігання та транспортування зразків використовувались щільну поліетиленові пакети, кожен з яких був промаркований з індивідуальним номером маршруту та проби. Паралельно у польовому щоденнику велись записи точних географічних координат, коротка характеристика ділянки та дата проведення дослідження. Це унеможливило втрату інформації при подальшому опрацюванні.

### 3.2. Проведення аналізу проб ґрунтів на важкі метали

Аналіз ґрунту на вміст в них важких металів (свинець, кадмій, мідь та цинк) є надзвичайно важливим. В результаті використання боєприпасів, військової техніки та вибухів в середовище потрапляє велика кількість токсичних речовин, які мають здатність накопичуватись в ґрунті. Важкі метали пригнічують ріст і розвиток рослин та діяльність мікроорганізмів, це в свою чергу становить серйозну загрозу для цілісності екосистеми та здоров'я людини. Тому аналіз ґрунтів на вміст важких металів є необхідним для комплексної екологічної оцінки стану постраждалих територій та планування і розробки заходів відновлення ґрунту.

В дослідженні аналізувались такі важкі метали як Pb, Zn, Cd, Cu.

Pb (свинець) – важкий метал, який здатен активно накопичуватись у верхніх шарах ґрунту, внаслідок антропогенного забруднення. У ґрунті від зв'язується з органічною речовиною, тому має низьку рухомість. Рослини поглинають свинець через кореневу систему і основна маса накопичується в коріннях. Він пригнічує процес фотосинтезу та порушує обмін речовин, а потрапляння свинцю в харчовий ланцюг є загрозою для здоров'я людини, адже він накопичується в кістковій тканині.

Zn (цинк) – є важливим мікроелементом для рослин та тварин, проте у великих кількостях він стає токсичним. При умові низької кислотності ґрунтів він стає рухомим і легко переходить у доступні форми для рослин. Рослини активно поглинають цинк через кореневу систему, та рівномірно розподіляється по всім органам. У надлишковій кількості він пригнічує ріст рослин, водний обмін та порушення активності хлорофілу. При потраплянні у харчовий ланцюг цинк порушує функції нирок, печінки та імунної системи.

Cd (кадмій) – один з найнебезпечніших важких металів для здоров'я людини та для довкілля. При високій кислотності в ґрунтах він має високу рухомість і легко переходить у розчинні форми. Він має високу біодоступність, тому швидко

накопичується у рослинах. Рослини поглинають кадмій через кореневу систему, а далі він переходить до всіх надземних органів, порушуючи фотосинтез, клітинний обмін та ріст рослин. При потраплянні у харчовий ланцюг уражує нирки, кісткову тканину та дихальну систему людини.

Cu (мідь) – є важливим мікроелементом, який бере участь у ферментативних процесах, фотосинтезі та формуванні білків. Проте надлишкове надходження міді у ґрунт може бути внаслідок військової діяльності та антропогенного забруднення. Накопичується у верхніх шарах ґрунту та утворює стійкі комплекси з органічною речовиною. Поглинання міді рослинами йде через кореневу систему, де вона і затримується. Він пригнічує ріст рослин, порушує мембрани та затримує ріст і розвиток. При потраплянні в харчовий ланцюг мідь шкідлива для печінки та нервової системи людини.

Для визначення валового вмісту важких металів (Pb, Zn, Cd, Cu) зі зразків ґрунту проводилася витяжка токсичних елементів 50% розчином  $\text{HNO}_3$  та концентрованим  $\text{H}_2\text{O}_2$ , для ідентифікації рухомих форм досліджуваних елементів використовували 1М  $\text{HNO}_3$ . Підготовлені зразки аналізували на атомно-абсорбційному спектрофотометрі SPEKTRAA VARIAN 250Plus [21].



Рисунок 3.4. Атомно-адсорбційний спектрометр

Оцінку екологічного стану ґрунтів за вмістом важких металів проводили шляхом порівняння їх умісту у порушеному внаслідок бойових дій ґрунті з гранично допустимою концентрацією (ГДК).

ГДК для валового вмісту свинцю — 32 мг/кг ґрунту, цинку — не нормується, кадмію — 3 мг/кг ґрунту, міді — не нормується [22].

Таблиця 3.3. Результати аналізу проб ґрунтів на вміст важких металів по маршруту №1

Проба	Важкі метали, мг/кг ґрунту			
	Pb	Zn	Cd	Cu
1	9,1	29,5	0,34	11,3
2	7,8	45,2	0,73	17,0
3	83,4	187,6	0,89	128,0
4	62,1	123,7	0,91	165,3
5	90,4	111,3	1,14	149,4
6	29,5	68,4	0,61	28,76

Таблиця 3.4. Результати аналізу проб ґрунтів на вміст важких металів по маршруту №2

Проба	Важкі метали, мг/кг ґрунту			
	Pb	Zn	Cd	Cu
1	21,4	49,2	0,41	31,3
2	30,1	65,4	0,62	27,1
3	67,2	99,8	0,78	99,4
4	110,5	132,1	1,12	145,1
5	78,1	145,2	1,29	136,6
6	43,2	161,3	0,89	151,5

За результатами проведення аналізу проб ґрунту на вміст в них важких металів можна зробити такі висновки:

1. Показники свинцю в пробах ґрунту коливається від 7,8 до 110,5 мг/кг. За маршрутом №1 в пробах 3,4,5 та в точках 3,4,5,6 за маршрутом №2 є перевищення ГДК по свинцю у 2-3 рази. Точка 3 розташована в лісовій місцевості, де були ознаки ворожого обстрілу та лісові пожежі, вміст свинцю складає 83,4 мг/кг з ГДК 32 мг/кг. Точки 4 та 5 відбирались та території поля, де перемішані горизонту ґрунту внаслідок окопів та є очевидні ознаки артилерійських ударів і залишки військової техніки. Точка 4 має показник 62,1 мг/кг, а точка відбору 5 складає 90,4 мг/кг. Найвищий показник має значення 110,5 мг/кг в точці 4 маршруту №2, яка розташована в території лісової пожежі внаслідок ворожого обстрілу.

2. Діапазон вмісту цинку у пробах ґрунту складає від 29,5 мг/кг до 187,6 мг/кг. Високий рівень цинку спостерігається в точках відбору 3 маршруту №1, де значення складає 187,6 мг/кг та точці відбору 6 маршруту №2 161,3 мг/кг. На цих точках були лісові пожежі внаслідок ворожих обстрілів та залишків наявність бойової техніки.

3. Показники кадмію в усіх пробах ґрунту знаходиться в межах допустимого значення від 0,34 мг/кг до 1,29 мг/кг. Максимальне значення зафіксоване було на точці відбору 5 маршруту №2.

4. Значення міді в пробах ґрунту складає від 11,3 до 165,3 мг/кг. Найвищі концентрації були виявлені в пробах 3,4,5 маршруту №1 та 4,5,6 маршруту №2. Найвище значення 165,3 мг/кг було зафіксовано в точці, яка відбиралась на території поля, де були наслідки активних бойових дій. Значення 151,5 мг/кг було зафіксовано в точці відбору 6 маршруту №2, яка була розташована в місці ворожого обстрілу та на території лісової пожежі.

### 3.3. Проведення аналізу проб ґрунтів та рослин на радіонукліди та вимірювання радіаційного фону

Аналіз ґрунтів та рослин на вміст в них радіонуклідів та вимірювання радіаційного фону на постраждалих територіях Національного природного парку «Святі гори» проводилось з метою виявлення можливого радіоактивного забруднення, яке було спричинено активними бойовими діями, лісовими пожежами, вибухами боєприпасів та обстрілами. У результаті цих дій можуть вивільнитись вже законсервовані радіонукліди у ґрунтах, стовбурах дерев, які представляють загрозу для біотичних чинників екосистем.

Літературні дані свідчили, що внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС частина територій була під значним рівнем забруднення  $Cs^{137}$ . Проте з часом, під впливом фізичного розпаду радіонукліду, його міграції у ґрунт його рівень забруднення зменшувався.

В дослідженні аналізувались два радіонукліди  $Cs^{137}$  та  $K^{40}$ , які є гамма-випромінюючі, і які можна виявити за допомогою методу гамма-спектрометрії.

$Cs^{137}$  – радіонуклід антропогенного походження, який у природі не трапляється у значних кількостях, а утворюється в результаті поділу ядер в атомних реакторах чи зброї. Цей радіонуклід часто використовують як індикатор антропогенного радіоактивного забруднення.  $Cs^{137}$  має довготривалу присутність у навколишньому середовищі і має період напіврозпаду 30 років. Він легко засвоюється живими організмами та має здатність потрапляти у трофічні ланцюги і накопичуватись у рослинах та організмах тварин.

$K^{40}$  – радіонуклід природного походження, який присутній у навколишньому середовищі на постійній основі. Він є частиною одного із основних елементів необхідних для життєдіяльності живих організмів – природного ізотопного складу

калію.  $K^{40}$  має тривалий період напіврозпаду 1.3 мільярда років. Він є джерелом природного радіаційного фону та завжди наявних в живих організмах.

Аналіз проб ґрунту та рослин проводились за допомогою спектрометра СЕГ 001 “АКП-С” 63, який представлений на рисунку 3.5. Прилад був застосований для визначення кількісного та якісного складу  $\gamma$ -випромінюючих радіонуклідів в пробах ґрунтів.



Рисунок 3.5. Вигляд спектрометра СЕГ-001 “АКП”-С. 1 – детектор у свинцевому захисті; 2 – пристрій для реєстрації даних, персональний комп’ютер.

Перед проведенням гамма-спектрометричного аналізу проби ґрунтів були попередньо очищені від рослинних решток, коріння, каміння та інших механічних включень, а проби рослинності попередньо подрібнювались. Далі зразки просушувались та ретельно перемішувались. Підготовлені зразки ґрунту зважувались на вагах з високою точністю та були переміщені у вимірювальні ємності – марінетлі.

Таблиця 3.5. Вага проб ґрунту маршруту №1

Номер проби	Пуста ємність (кг)	Ємність з пробою (кг)	Вага проби (кг)
1.	0,273	1,256	0,983
2.	0,246	1,173	0,927
3.	0,300	1,555	1,255
4.	0,242	1,327	1,085
5.	0,249	1,711	1,462
6.	0,244	0,833	0,589

Таблиця 3.6. Вага проб ґрунту маршруту №2

Номер проби	Пуста ємність (кг)	Ємність з пробою (кг)	Вага проби (кг)
1.	0,249	1,738	1,489
2.	0,299	1,815	1,616
3.	0,298	1,731	1,433
4.	0,253	1,688	1,435
5.	0,244	1,250	1,006
6.	0,300	1,397	1,097

Таблиця 3.7. Вага проб рослинності з двох маршрутів

Номер проби	Пуста ємність (кг)	Ємність з пробою (кг)	Вага проби (кг)
1.	0,242	0,313	0,071
2.	0,238	0,299	0,061



Рисунок 3.6. Підготовка проб ґрунту до гамма-спектрометричного аналізу



### Рисунок 3.7. Підготовлені проби ґрунту до гамма-спектрометричного аналізу

Гамма-спектрометр використовують для визначення якісного і кількісного складу гамма-випромінюючих радіонуклідів в сільськогосподарській продукції, об'єктах навколишнього середовища, будівельних матеріалах, продуктах харчування, радіоактивних відходів, кормах та ін. Даний пристрій здатний вимірювати діапазон енергій 0,1-3 МеВ. При зовнішньому фоні 15 мкР/год. та експозиції 1 год. можна детектувати мінімальна активність для  $^{137}\text{Cs}$  – 1,2 Бк та  $^{40}\text{K}$  – 20 Бк в посудині Марінелі об'ємом 1л.

Робота гамма-спектрометра базується на використанні сцинтиляційного методу, який полягає у фіксації фотонів видимого світла, що виникають під час збудження атомів – сцинтеляторів під дією випромінювання. Процес виявлення іонізуючого випромінювання проходить в наступній послідовності: - квант витісняє з кристалу фотон, який в свою чергу потрапляє на ФЕП та вибиває з нього фотоелектрон. Фотоелектрон потрапляє на діод ФЕП і виштовхує з неї до 10 електронів. Процес повторюється стільки разів, скільки діонідів має ФЕП. Для аналізу отриманих спектрів використовують програму AKWIN.

Для дослідження рівня радіаційного забруднення на постраждалих територіях НПП «Святі гри» також проводилось вимірювання радіаційного фону, потужності експозиційної дози гамма-випромінювання у польових умовах. Вимірювання здійснювались за допомогою приладу дозиметр-радіометр МКС-05 «ТЕРРА», який зображений на рисунку 3.8. Вимірювання проводились на 1 метрі від поверхні землі на всіх точках відбору проб ґрунту.



Рисунок 3.8. Дозиметр-радіометр MKS-05 «ТЕРРА»

Після відбору проб ґрунту, підготовки їх до гамма-спектрометричного аналізу та вимірювання радіометричного фону, було отримано дані, що дозволяють оцінити радіологічний стан Національного природного парку «Святі гори» в умовах військової агресії.

Таблиця 3.8. Вміст  $Cs^{137}$  та  $K^{40}$  в досліджуваних пробах ґрунту та радіаційний фон на досліджуваних ділянках

Маршрут №1			
Номер проби ґрунту	Питомна активність $Cs^{137}$ , Бк/кг	Питомна активність $K^{40}$ , Бк/кг	Радіаційний фон на дослідній ділянці, мкЗв/год
Проба 1.	3,507 ± 1,55	256,663 ± 27,49	0,11
Проба 2.	1,076 ± 1,39	120,388 ± 21,93	0,10
Проба 3.	0,000	200,717 ± 21,86	0,09
Проба 4.	0,639 ± 1,22	133,825 ± 19,95	0,05
Проба 5.	0,000	43,639 ± 12,61	0,06
Проба 6.	4,871 ± 1,91	95,688 ± 29,25	0,17
Маршрут №2			
Проба 1.	0.000	42,270 ± 10,92	0,09
Проба 2.	2,583 ± 0,64	66,029 ± 10,57	0,08
Проба 3.	2,685 ± 0,77	45,324 ± 11,69	0,10
Проба 4.	0,434 ± 0,73	34,181 ± 11,41	0,11
Проба 5.	2,147 ± 0,97	125,845 ± 17,03	0,09
Проба 6.	3,952 ± 3,19	247,311 ± 43,43	0,11

Таблиця 3.9. Вміст  $Cs^{137}$  та  $K^{40}$  в досліджуваних пробах рослинності

Номер проби	Питома активність $Cs^{137}$ Бк/кг	Питома активність $K^{40}$ Бк/кг
Проба 1.	0,000	395,352 ± 174,16
Проба 2.	0,000	554,426 ± 204,19

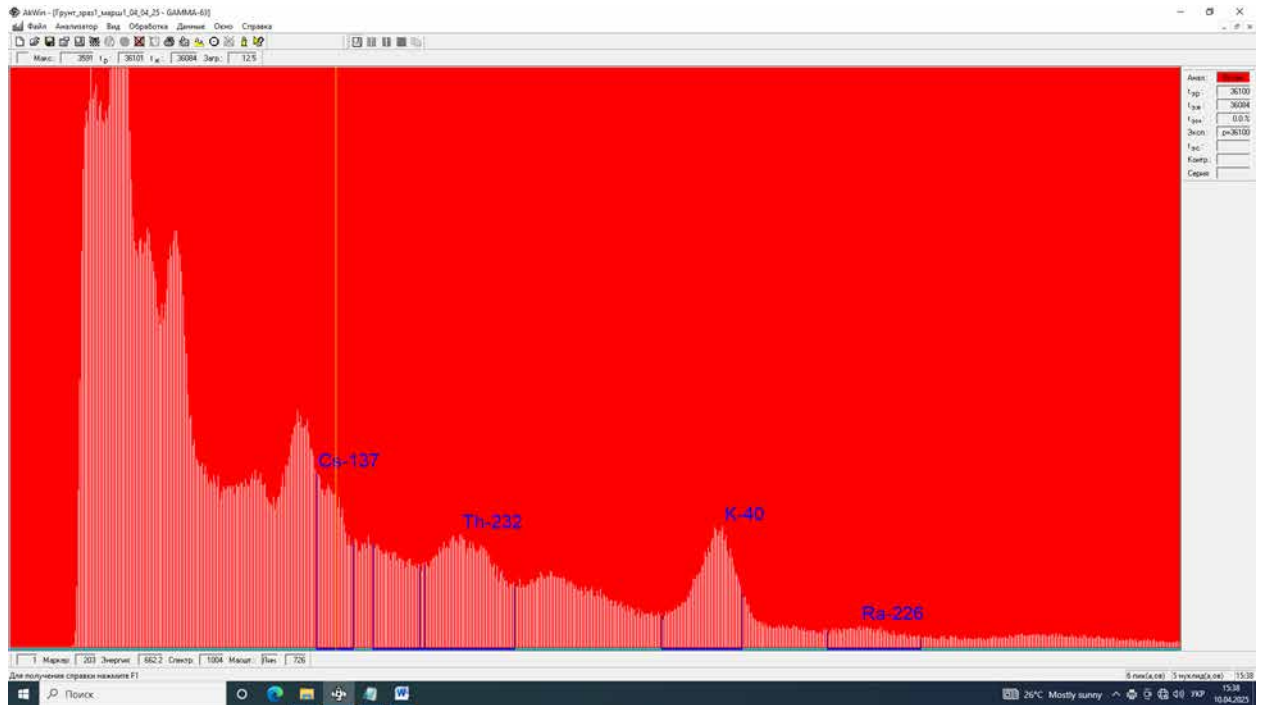


Рисунок 3.9. Зразок ґрунту 1, маршрут №1

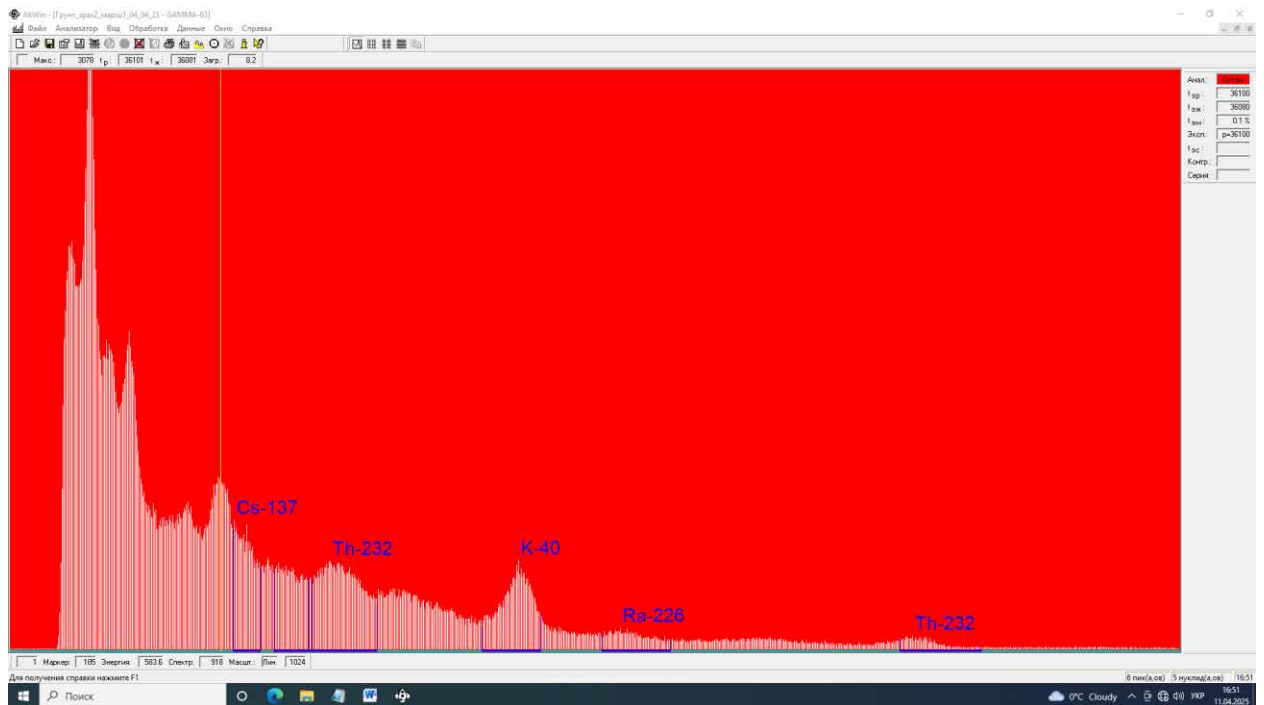


Рисунок 3.10. Зразок ґрунту 2, маршрут №1

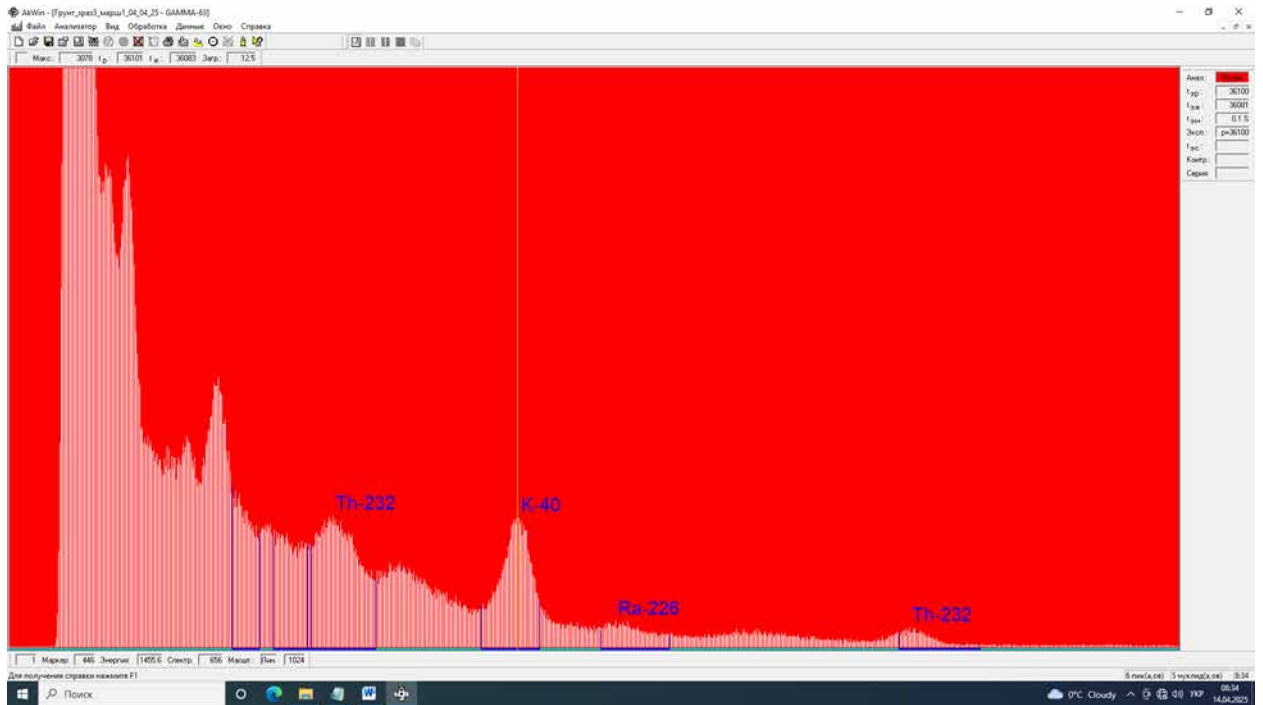


Рисунок 3.11. Зразок ґрунту 3, маршрут №1

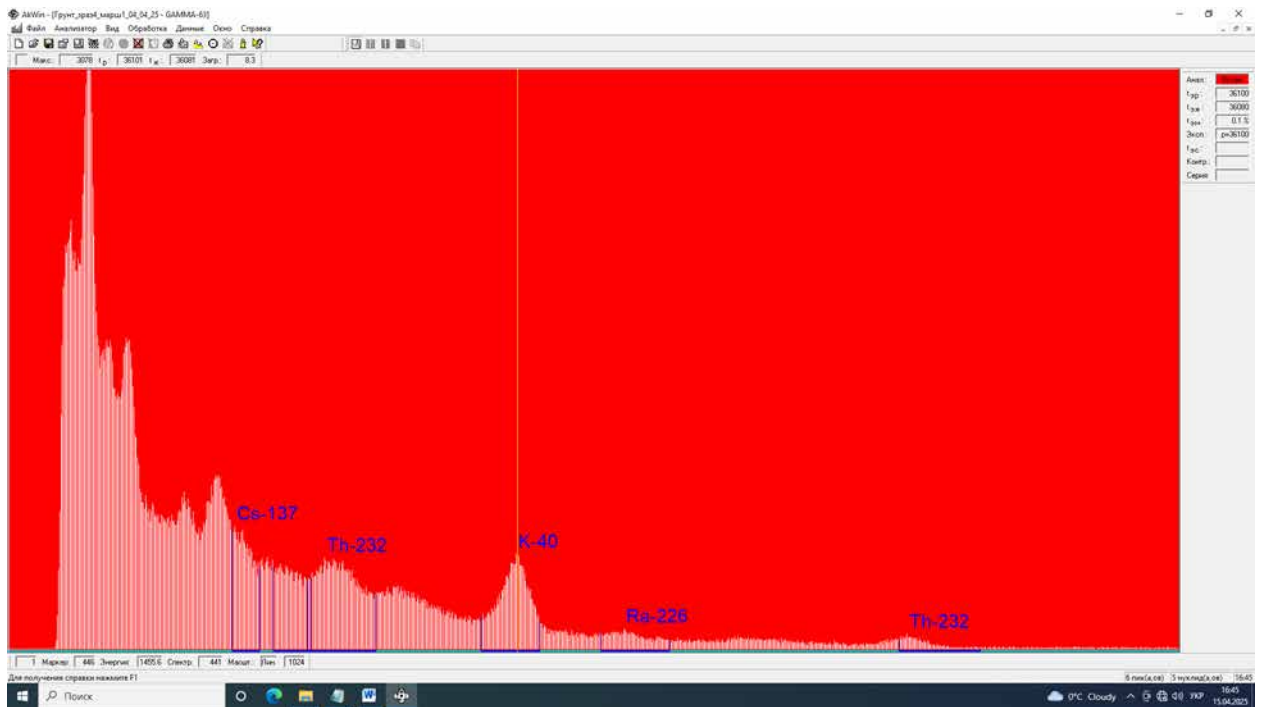


Рисунок 3.12. Зразок ґрунту 4, маршрут №1

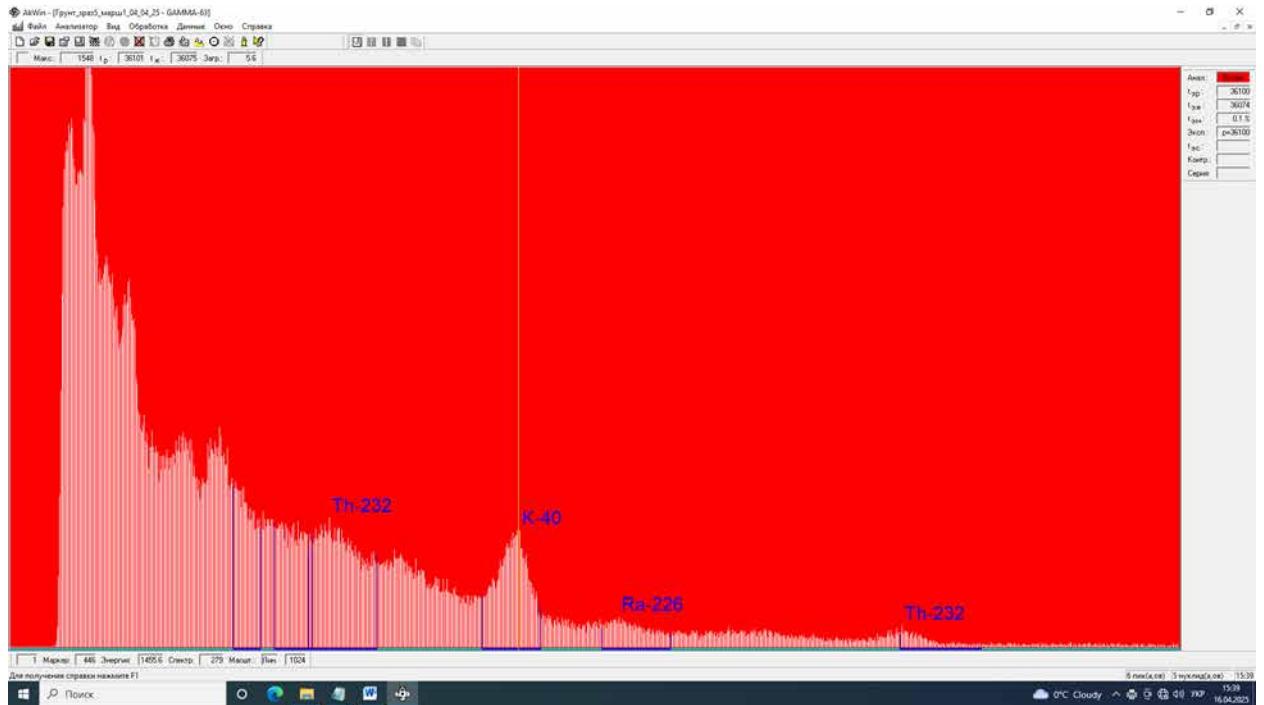


Рисунок 3.13. Зразок ґрунту 5, маршрут №1

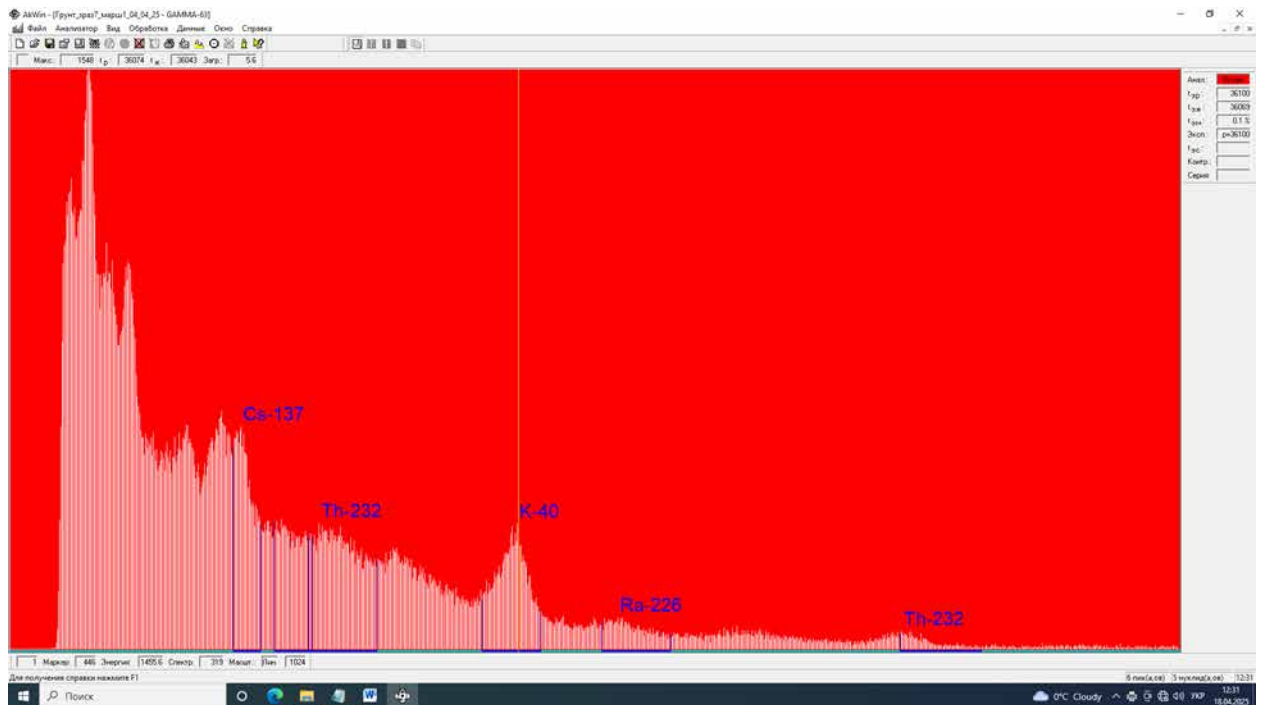


Рисунок 3.14. Зразок ґрунту 6, маршрут №1

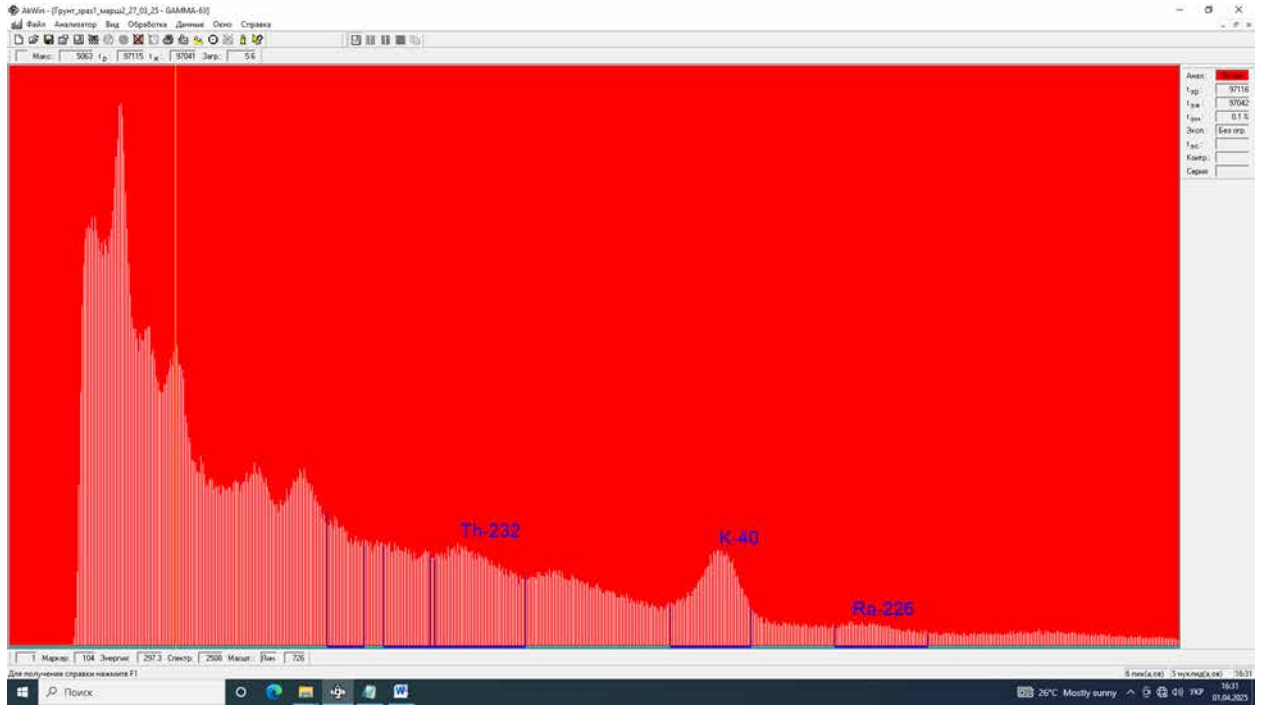


Рисунок 3.15. Зразок ґрунту 1, маршрут №2

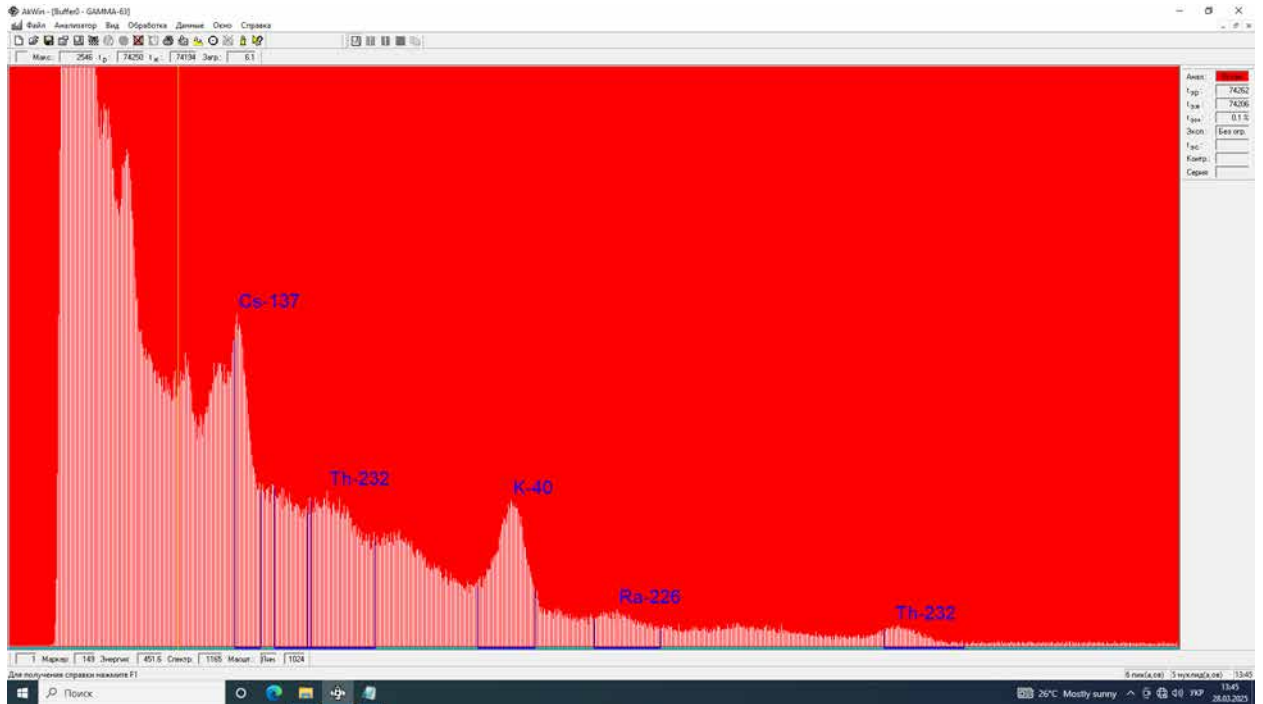


Рисунок 3.16. Зразок ґрунту 2, маршрут №2.

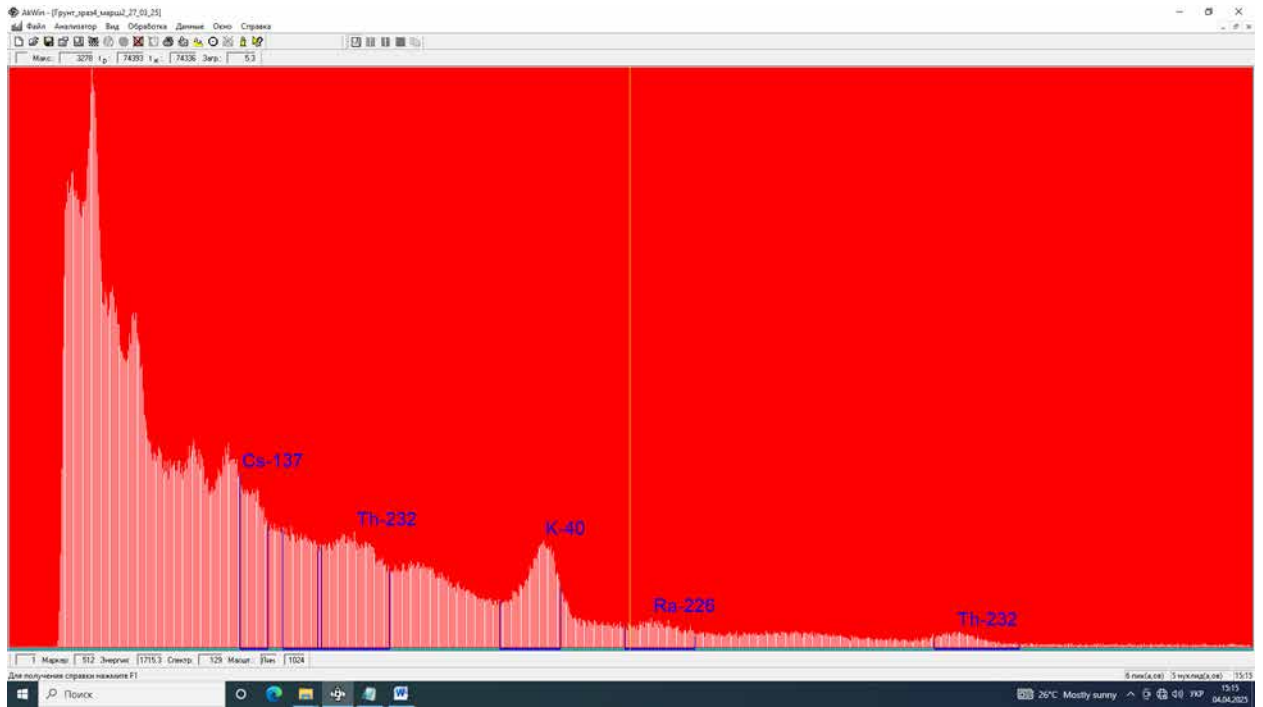


Рисунок 3.17. Зразок ґрунту 4, маршрут №2.

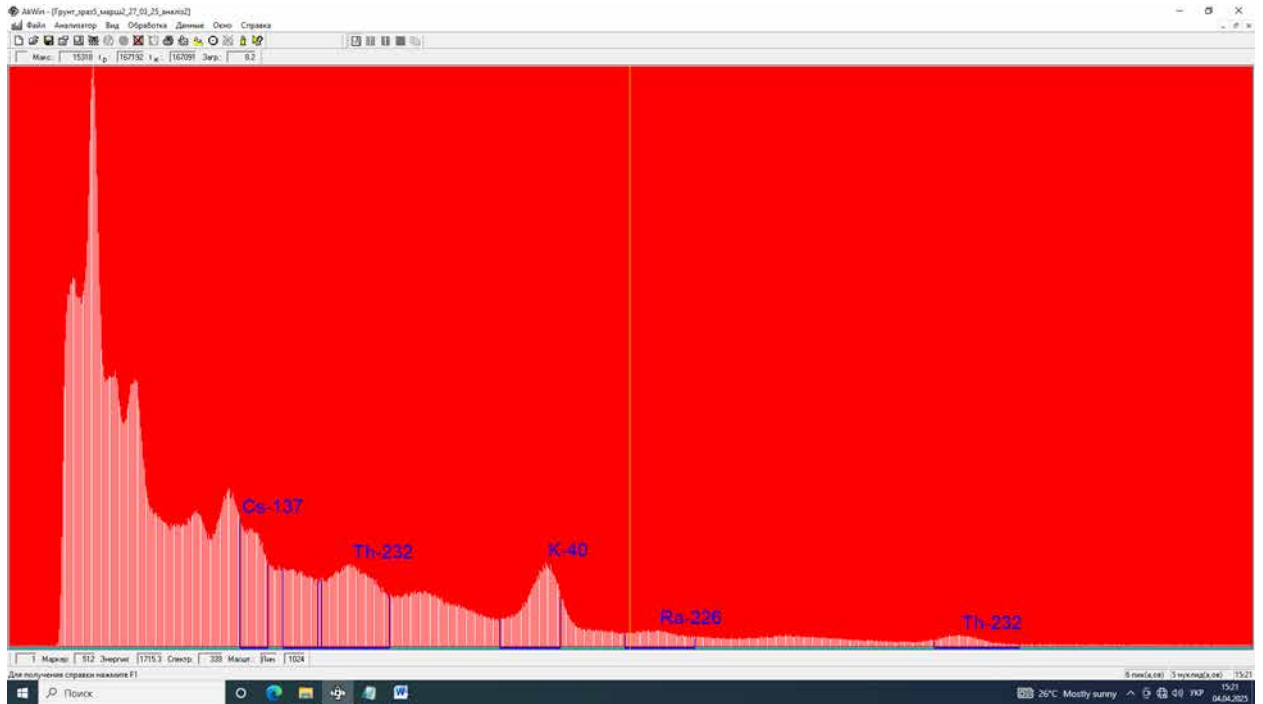


Рисунок 3.18. Зразок ґрунту 5, маршрут №2

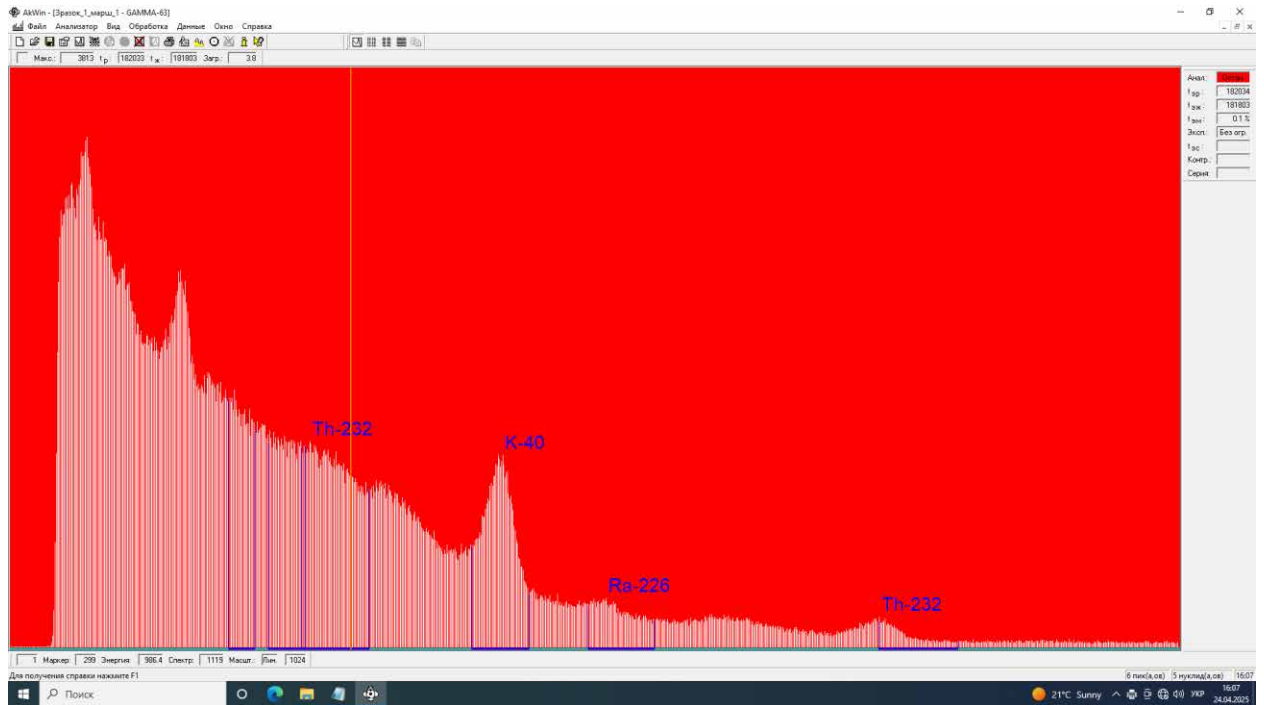


Рисунок 3.19. Зразок проб рослинності по маршруту №1

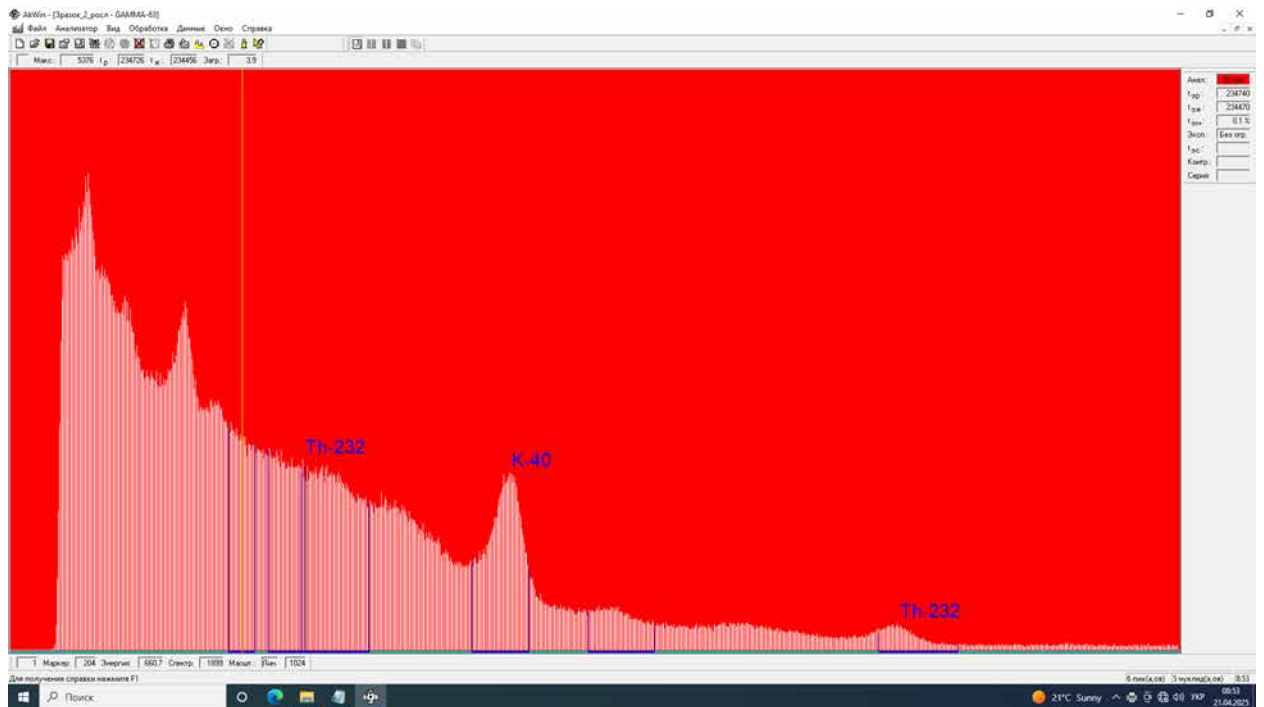


Рисунок 3.20. Зразок проб рослинності по маршруту №2

За результатами вимірювань питомої активності таких радіонуклідів як  $Cs^{137}$  та  $K^{40}$  у пробах ґрунту та рослинності можна зробити такі висновки:

1. Показники питомої активності  $Cs^{137}$  в зразках ґрунту є дуже низьким і коливається від 0,000 до 4,871 Бк/кг. Такі показники не перевищують встановлені допустимі рівні і не викликають небезпеки. В рослинних пробах  $Cs^{137}$  взагалі відсутній, що свідчить про відсутність біологічного накопичення радіонукліда в рослинах.

2. Показники питомої активності  $K^{40}$  в зразках ґрунту коливається в межах 34-256 Бк/кг. Ці значення є типовими і природними для незабруднених територій. В зразках рослинності радіонуклід складає від 359 Бк/кг до 554 Бк/кг, що також відповідає природним нормам.

3. Рівень радіаційного фону на постраждалих досліджуваних ділянках Національного парку коливається від 0,05 мкЗв/год до 0,17 мкЗв/год, що не перевищує допустимих меж і відповідає нормальному природному фону для території України.

Аналіз проб ґрунтів і рослин на радіонукліди та вимірювання радіаційного фону на постраждалих територіях Національного природного парку «Святі гори» свідчать про відсутність радіоактивного забруднення та навантаження на екосистеми, яке було спричинено військовою агресією.

## ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз показав, що площа постраждалих територій Національного природного парку «Святі гори» внаслідок лісових пожеж через військову агресію у період 2022-2024 рр. становить понад 12 тисяч гектарів, це майже 80% площ об'єкту. Лісові пожежі є одним з найнебезпечнішим фактором війни для природно-заповідної території і серйозною загрозою для рідкісних та ендемічних видів рослин. На території парку росте близько 42 види судинних рослин, які мають природоохоронні статуси. Внаслідок пожеж та механічної руйнації природного ареалу, майже повністю втрачено флористичні комплекси червонокнижного реліктового виду Сосни крейдяної *Pinus sylvestris*.
2. За результатами аналізу проб ґрунтів на вміст важких металів, встановлено забруднення постраждалих територій Національного природного парку. Діапазон вмісту свинцю у пробах складає від 7,8 до 110,5 мг/кг. Найбільш високе значення було зафіксоване в точці 4 маршруту №2 на території, де були лісові пожежі внаслідок ворожого обстрілу. Діапазон вмісту цинку складає від 29,5 мг/кг до 187,6 мг/кг. Показники кадмію в усіх пробах ґрунту знаходиться в межах допустимого значення від 0,34 мг/кг до 1,29 мг/кг. Рівень міді в пробах ґрунту складає від 11,3 до 165,3 мг/кг. Найвище значення було зафіксовано в точці, яка відбиралась на території поля, де були наслідки активних бойових дій.
3. Показано, що величина питомої активності таких радіонуклідів як Cs137 та K40 у пробах ґрунту та рослинності є дуже низькою. Так, радіоактивність Cs137 коливається в межах від 0,000 до 4,871 Бк/кг, тим часом K40 – 32-554 Бк/кг. Такі показники не перевищують встановлені допустимі рівні і є типовими для незабруднених територій. Рівень радіаційного фону на постраждалих досліджуваних ділянках Національного парку коливається від

0,05 мкЗв/год до 0,17 мкЗв/год, що також відповідає нормальному природному радіаційному фону для території України.

4. З огляду на масштаби руйнувань, ефективне відновлення природного середовища Національного природного парку «Святі Гори» вимагає комплексного, міждисциплінарного підходу. Серед першочергових рекомендацій є завершення повного розмінування територій, створення спеціалізованих програм з екологічного моніторингу у співпраці з міжнародними організаціями, розробка програми лісовідновлення, орієнтованої на збереження локальних екотипів, адаптованих до умов регіону та впровадження проєктів екологічної реабілітації за участю місцевих громад, науковців та молоді.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Загальна| Святі гори. Головна| Святі гори. URL: <https://npp-svyatygory.com.ua/basic.html>
2. Національний природний парк "Святі Гори" - унікальна природна спадщина : науково-інформаційний довідник-атлас (з нагоди 20-річчя створення НПП "Святі Гори") / Донец. облдержадмін., Донец. обл. військ.-цив. адмін. [та ін.]; [під заг. ред. В. А. Дьякова, О. В. Дьякової]. – Вінниця: Вінниц. обл. друк., 2017. – 275 с. : кольор. фотоіл.
3. Загиблі співробітники та знищене майно. Як пережив окупацію нацпарк «Святі Гори» - Природно-заповідний фонд України. Природно-заповідний фонд України. URL: <https://wownature.in.ua/zahybli-spivrobotnyky-ta-znyshchene-mayno-yak-perezhyv-okupatsiiu-natspark-sviati-hory/>
4. Сучасний стан та охорона природних комплексів в басейні Сіверського Дінця // Мат. наук.-практ. конф. з нагоди 20-річчя створення національного природного парку «Святі Гори» (21-22 вересня 2017 року) / Серія: «Conservation Biology in Ukraine». – Вип. 5. – Святогірськ, 2017. – С. 12-13.
5. Червона книга України Сосна крейдова. Червона книга України Рослинний світ видання 2009 року. URL: <https://redbook-flora.land.kiev.ua/46.php>
6. Карта ґрунтів Донецької області. <https://geomap.land.kiev.ua/obl-4.html>
7. Сучасний стан та охорона природних комплексів в басейні Сіверського Дінця. Матеріали науково-практичної конференції з нагоди 20-річчя створення національного природного парку «Святі Гори» (21-22 вересня 2017 року). Conservation Biology in Ukraine. Вип. 5. Святогірськ, 2017. 170 с.
8. Російський авіаудар, який перетворив українські «Святі гори» на пустку. Режим доступу: <https://www.radiosvoboda.org/a/rfe-rl-sviati-hory-pozhezha-vidnovlennya/33208375.html> (дата звернення 20.05.24)

9. Як війна перетворила національний парк “Святі гори” на зону екологічної катастрофи. Режим доступу: <https://nsirogozy.city/articles/392554/yak-vijna-peretvorila-nacionalnij-park-svyati-gori-na-zonu-ekologichnoi-katastrofi-> (дата звернення 20.05.24)
10. «Святі гори»: війна знищує унікальну екосистему Донбасу. Режим доступу: <https://zoria.info/ukraina/svyati-gory-vijna-znyshhuye-unikalnu-ekosystemu-donbasu/> (дата звернення 21.05.24)
11. Вплив воєнних дій на територію національного природного парку «Святі гори» Режим доступу: <https://epl.org.ua/announces/vplyv-voyennyh-dij-na-terytoriyu-natsionalnogo-pryrodnogo-parku-svyati-gory/> (дата звернення 21.05.24)
12. Козубенко Ю. Природоохоронні аспекти національного природного парку "Святі гори": минуле та сучасність. УГСП: Переяслав, 2022. Scientia et societu. Вип. 1. С. 71-77
13. Радіоекологічні дослідження: Навч. посібник. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2004. – 149 с.
14. Карта Радіаційного ризику України. Режим доступу: <https://geomap.land.kiev.ua/ecology-3.html>
15. 20 років Чорнобильської катастрофи. Погляд у майбутнє: Національна доповідь України.– К.: Атіка, 2006.– 224 с.
16. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Донецькій області у 2021 році. Режим доступу: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2022/10/Regionalna-dopovid-Donetska-ODA-2021.pdf>
17. Програма розвитку ООН в Україні. Звіт з комплексного аналізу стану навколишнього природного середовища та план моніторингу забруднення Донецької та Луганської областей. Режим доступу: <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/ua/rpp-report-1-climate-action.pdf>

18. Як пожежі практично знищили ліси у нацпарку «Святі гори» на Донеччині. Режим доступу: <https://www.radiosvoboda.org/a/rfe-rl-sviati-hory-pozhezha-vidnovlennya/33208375.html>

19. Фіторізноманіття заповідників і національних природних парків України. Ч.2. Національні природні парки / Колектив авторів під ред. В.А. Онищенко і Т.Л. Андрієнко. – Київ: Фітосоціоцентр, 2012ДСТУ 4287:2004.

20. ДСТУ 4287:2004. Якість ґрунту. Відбирання проб

21. ДСТУ ISO 11047:2005 Якість ґрунту. Визначання кадмію, хрому, кобальту, купруму, плюмбуму, мангану, ніколу та цинку в екстракті, отриманому після оброблення ґрунту «царською водкою». Методи полуменевої та електротермічної атомно-абсорбційної спектрометрії (ISO 11047:1998, IDT)

22. Нормативи гранично допустимих концентрацій небезпечних речовин у ґрунтах, а також переліку таких речовин: Постанова Кабінету Міністрів України від 17.12.2021 №1325. Режим доступу: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-zatverdzhennya-normativiv-granichno-dopustimih-koncentracij-nebezpechnih-rechovin-u-gruntah-takozh-pereliku-takih-rechovin-i151221-1325>