

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет лісового господарства та екології
Кафедра екології

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

ГРИЩУК ДЕНИС ВАЛЕНТИНОВИЧ

УДК 379.85: 504.54 (477.42)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**ОЦІНКА СТАНУ РАДІОАКТИВНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТУ
ОБ'ЄКТІВ ПЗФ НА ПРИКЛАДІ БОТАНІЧНОГО САДУ ПОЛІСЬКОГО
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ**

101 «Екологія»

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавра

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Науковий керівник:
Дунаєвська Оксана Феліксівна
д.б.н., професор

Житомир – 2025

АНОТАЦІЯ

Грищук Д.В. Оцінка стану радіоактивного забруднення ґрунту об'єктів ПЗФ на прикладі ботанічного саду Поліського національного університету. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавра за спеціальністю 101 – Екологія. – Поліський національний університет, Житомир, 2024.

Радіоекологічний моніторинг – це система заходів, спрямованих на спостереження, аналіз та оцінку стану навколишнього середовища з точки зору радіаційного впливу.

Природно-заповідний фонд України – це основна категорія охоронюваних природних територій, яку законодавство визнає як "золотий запас" української природи. Він включає Ботанічний сад імені Героїв-десантників Поліського національного університету, який був створений у 1933 році, займає площу 36 га.

Питома активність ґрунту Ботанічного саду за цезієм-137 становила діапазон 193 – 361 Бк/кг. Найбільше забруднено виявилася проба на березі річки Путятинка. Питома активність ґрунту за стронцієм-90 становила діапазон 0,1 – 4,1 Бк/кг. Найбільше забруднено виявилася проба на березі озера. Питома активність ґрунту саду за калієм-40 становила діапазон 259 – 439 Бк/кг. Найбільше забруднено виявилася проба ґрунтових донних відкладень озера. Розповсюдження радіонуклідів є нерівномірним і залежить від фізико-хімічних властивостей радіоактивного ізотопу.

Необхідно продовжити радіоекологічні обстеження ґрунту Ботанічного саду імені Героїв-десантників Поліського національного університету на різних глибинах та визначити питому активність різних життєвих форм рослин.

Ключові слова: ґрунт, Ботанічний сад імені Героїв-десантників Поліського національного університету, питома активність, ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{40}K

SUMMARY

Grishchuk D.V. Assessment of the state of radioactive soil contamination of the PFP objects on the example of the Botanical Garden of the Polissya National University. – Manuscript qualification work.

Qualification work for a bachelor's degree in the specialty – Ecology. – Polissya National University, Zhytomyr, 2025.

Radioecological monitoring is a system of measures aimed at observing, analyzing and evaluating the environment in terms of radiation. The Nature Reserve Fund of Ukraine is the main category of protected natural territories, which the legislation recognizes as a "gold reserve" of Ukrainian nature. It includes the Botanical Garden named after Polissya National University, which was created in 1933, covers an area of 36 hectares.

The Nature Reserve Fund of Ukraine is the main category of protected natural territories, which the legislation recognizes as a "gold reserve" of Ukrainian nature. It includes the Botanical Garden named after Polissya National University, which was created in 1933, covers an area of 36 hectares.

The specific activity of the soil of the Botanical Garden for Cesium-137 was the range 193-361 BC/kg. The most contaminated was the test on the bank of the Putyatinka River. The specific activity of the soil by strontium-90 was the range of 0.1-4.1 BK/kg. The most contaminated was the test on the lake. The specific soil activity of the garden by potassium-40 was the range of 259-439 BK/kg. The most contaminated was the test of soil bottom deposits of the lake. The spread of radionuclides is uneven and depends on the physicochemical properties of radioactive isotope.

It is necessary to continue the radioecological surveys of the soil of the Botanical Garden named after the heroes of the Polissya National University at different depths and to determine the specific activity of different life forms of plants.

Key words: Soil, Botanical Garden named after Polissya National University Heroes, specific activity, ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{40}K

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. РАДІОЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ ЯК ОСНОВНИЙ МЕТОД ОЦІНКИ СТАНУ РАДІОАКТИВНОГО ЗАБРУДНЕННЯ	8
РОЗДІЛ 2. ПРОГРАМА, МЕТОДИКА ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРЕДМЕТУ ДОСЛІДЖЕННЯ	13
2.1. Програма проведення дослідження	13
2.2. Методика досліджень	14
2.3. Характеристика предмету дослідження	16
РОЗДІЛ 3. ОЦІНКИ СТАНУ РАДІОАКТИВНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТУ БОТАНІЧНОГО САДУ ПОЛІСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ	17
3.1. Результати радіоекологічного стану ґрунту	17
3.2. Оцінка радіоекологічного стану ґрунту Ботанічного саду	21
ВИСНОВКИ	30
ПРОПОЗИЦІЇ	31
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	32
ДОДАТКИ	38

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Кожному громадянину України гарантується державою безпечне довкілля [1]. Таке довкілля має бути безпечним для життя та здоров'я. Громадяни мають доступ до інформації про стан навколишнього середовища, продуктів харчування. За умови порушення безпечності та отриманні шкоди громадяни мають право на відшкодування такої шкоди.

Державну політику у сфері державного нагляду (контролю) стану радіаційної безпеки реалізують центральні органи виконавчої влади [2]. Дотримання вимог законодавства щодо радіаційної безпеки також контролюється у пунктах пропуску через державний кордон [2]. Екологічна інформація, в тому числі й про радіацію, отримується завдяки проведенню моніторингу довкілля. Довкілля необхідно охороняти від радіоактивного забруднення [2]. Всі підприємства, які працюють з радіоактивними речовинами мають забезпечувати екологічну безпеку для унеможливлення забруднення біосфери [2].

Система моніторингу довкілля є державною та входить до складу національної інформаційної структури [3].

Об'єкти природо-заповідного фонду, до яких належить Ботанічний сад імені Героїв-десантників Поліського національного університету, реалізовує права громадян не тільки на безпечне довкілля, а й право на відпочинок – рекреаційної діяльності [47, 48, 49, 56].

Мета і завдання роботи. Аварія у далекому 1986 році на Чорнобильській атомній електростанції призвела до радіонуклідного забруднення біосфери. З часу аварії минуло 39 років, однак, згідно літературних джерел та наукових досліджень [27-42], ґрунт, продукти харчування залишаються забрудненими радіонуклідами. Ботанічний сад є популярним місцем відпочинку туристами, рекреантами міста, тому мета роботи – дослідження вмісту радіонуклідів у ґрунті саду. Серед головних завдань наступні: з'ясувати вміст радіонуклідів, які

потрапили внаслідок аварії на ЧАЕС, вивчити вміст природного радіонукліду калію-40 в ґрунті Ботанічного саду імені Героїв-десантників Поліського національного університету.

Об'єкт дослідження – радіаційна безпека ґрунту Ботанічного саду імені Героїв-десантників Поліського національного університету.

Предмет дослідження – питома активність ^{90}Sr та ^{137}Cs , ^{40}K в ґрунті Ботанічного саду імені Героїв-десантників Поліського національного університету.

Методи дослідження: радіологічний, аналітичний, узагальнення, описовий [12], картографічний, статистичний, графічний, порівняльно-правовий.

Перелік публікацій автора за темою дослідження. За результати досліджень опубліковано три наукові праці, в тому числі 1 – одноосібна:

1. **Д.В. Грищук** Моніторингові дослідження радіаційного стану ґрунту урболандшафтів. *Виклики сьогодення та наслідки Чорнобильської катастрофи. Екологія. Наука. Практика-2025* : матеріали XXI Всеукраїнської науково-практичної конференції (24 квітня 2025 року, м. Житомир). Житомир: Поліський національний університет, 2025. С. 8.

2. О.Ф. Дунаєвська, Б.В. Борисюк, О.М. Ковальчук, І.М. Сокульський, О.С. Базильчук, **Д.В. Грищук** Радіоекологічний моніторинг різних життєвих форм рослин. *Виклики сьогодення та наслідки Чорнобильської катастрофи. Екологія. Наука. Практика-2025* : матеріали XXI Всеукраїнської науково-практичної конференції (24 квітня 2025 року, м. Житомир). Житомир: Поліський національний університет, 2025. С. 9-10.

3. О.Ф. Дунаєвська, І.М. Сокульський, **Д.В. Грищук** Екологічна безпека підприємства як складова державної безпеки *Лісівнича освіта і наука: стан, проблеми та перспективи розвитку*: матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції (21 березня 2025 року, м. Малин). Житомир: Поліський національний університет, 2025. Ч. 1. С. 37-38.

За участь у конференції «Лісівнича освіта і наука: стан, проблеми та перспективи розвитку» отримав сертифікат (Додаток А),

Практичне значення отриманих результатів. Результати досліджень пропонуються для екологічної, а саме радіаційної, оцінки стану ґрунтового покриву Ботанічного саду імені Героїв-десантників Поліського національного університету з урахуванням рекреаційного, наукового, едафічного зонування території, законодавчого регулювання та покращення інвестиційної політики. Пропонуємо удосконалити радіаційний моніторинг, який буде забезпечувати оцінку стану ґрунту на різній глибині, відслідковувати зміни при внесенні добрив та зміні клімату.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота викладена на 38 сторінках, оформлена згідно встановлених вимог, ілюстрована таблицями, рисунками, список використаних джерел налічує 56 найменувань.

РОЗДІЛ 1

РАДІОЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ ЯК ОСНОВНИЙ МЕТОД ОЦІНКИ СТАНУ РАДІОАКТИВНОГО ЗАБРУДНЕННЯ

Система моніторингу довкілля є державною та входить до складу національної інформаційної структури [3]. Складові державної системи моніторингу довкілля представлені на рисунку 1 [3].

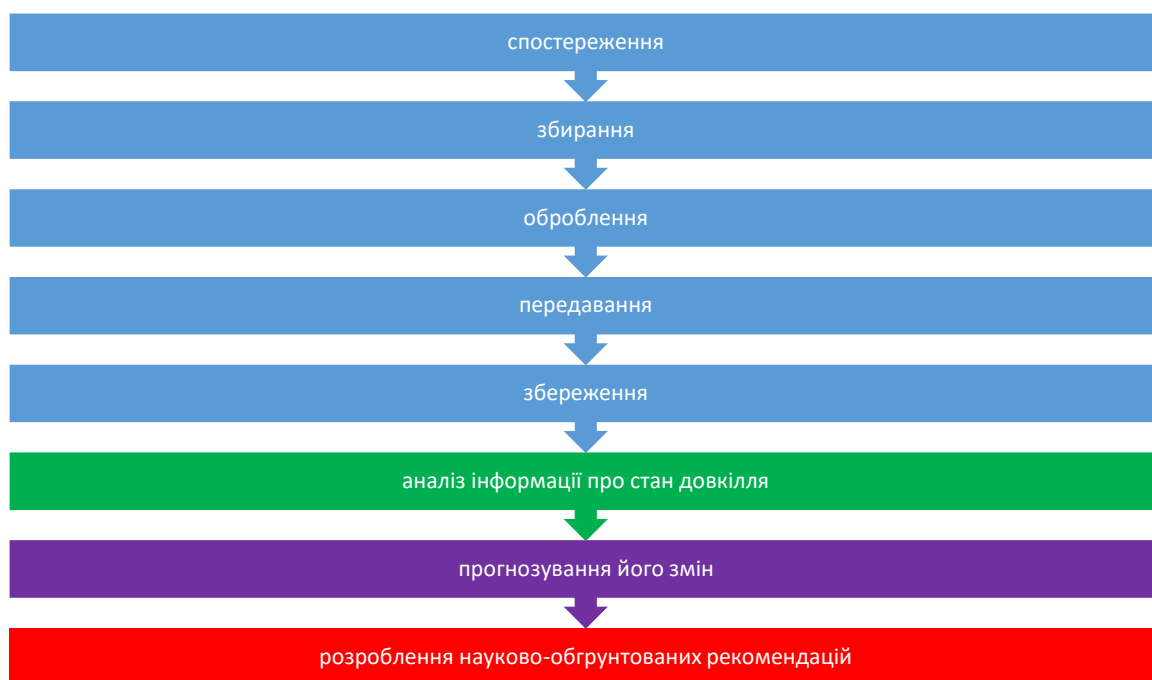


Рисунок 1. Система моніторингу довкілля за [3].

Моніторинг з вмісту радіоактивних речовин в ґрунтах природоохоронних територій здійснює Міндовкілля, радіаційну обстановку вивчає ДСНС, вміст радіонуклідів в атмосферному повітрі здійснює ДСНС, у зоні відчуження – ДАЗВ, ґрунти сільськогосподарського призначення на вміст радіонуклідів вивчає Мінагрополітики, у ґрунтах земель лісового фонду аналогічні дослідження проводить Держлісагенство, Держводагенство визначає радіологічні показники у водах водогосподарських систем та сільськогосподарського водопостачання, радіаційну обстановку за дистанційного зондування проводить ДКА [3].

Принципи системи моніторингу довкілля представлені на рисунку 2.



Рисунок 2. Принципи створення та функціонування системи моніторингу довкілля за [3].

Моніторинг довкілля виконує важливі завдання та має довгострокову мету (рисунок 3).

мета

завдання

підвищення рівня вивчення і знань про екологічний стан довкілля	довгострокові систематичні спостереження за станом довкілля
підвищення оперативності та якості інформації на всіх рівнях	аналіз стану довкілля і прогнозування його змін
підвищення ефективності природоохоронних заходів	інформаційно-аналітична підтримка прийняття рішень

Рисунок 3. Мета та завдання системи моніторингу довкілля за [3].

Складові системи моніторингу довкілля формуються в єдине ціле на певній основі, що представлена на рисунку 4.



Рисунок 4. Основа методологічного забезпечення системи моніторингу довкілля за [3].

Навантаження на довкілля збільшується, екологічна ситуація непроста, відбувається виснаження та забруднення природних ресурсів внаслідок вторгнення рф [4]. На території України почастишали надзвичайні ситуації, збитки від яких у 2020 році становили 18 млрд грн [4]. Для підтримання екологічної рівноваги розроблена спеціальна програма, яка передбачає підтримку існуючої системи моніторингу довкілля, її структурну перебудову [4].

Моніторинг довкілля здійснюється відповідно до Програми, яку затверджує Кабінет міністрів постановою. У Державній цільовій екологічній програмі проведення моніторингу навколишнього природного середовища зазначено про створення єдиної мережі спостережень, визначення пріоритетних напрямків моніторингу, інформування органів влади та населення про дійсний стан довкілля [5]. Система моніторингу довкілля повинна розвиватися та функціонувати у контексті загальноєвропейських вимог [5]. Програмою передбачено проведення моніторингу радіаційного стану у створених стаціонарних спеціальних пунктах радіусом тридцять кілометрів навколо атомних електростанцій [5].

Головним Законом у ядерній сфері України є Закон «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку» [6]. Цей Закон регулює використання ядерної енергії, поводження з радіоактивними відходами; дає визначення важливим концептуальним поняттям: джерело іонізуючого випромінювання, радіаційна безпека, радіаційна аварія, радіаційний захист, радіоактивний матеріал, ядерна безпека, ядерний матеріал, ядерна шкода, спеціальна соціальна інфраструктура, радіоактивна речовина [6]. Закон «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку» визначає об'єкти загальнодержавного значення, зокрема, до ядерних об'єктів і установок, які використовують радіоактивні відходи, належать атомні електричні станції, атомні станції теплопостачання а також дослідницькі ядерні реактори, сховища та геологічні сховища для зберігання і захоронення радіоактивних відходів [6]. Закон «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку» надає конкретизацію завданням ядерного

законодавства, серед яких: правове регулювання всієї діяльності з використання ядерної енергії, управління використанням ядерної енергії, принципи радіаційного захисту населення і довкілля, міжнародна співпраця, участь громадян у формуванні державної політики у сфері ядерної енергії [6].

Розроблені основні принципи радіаційного захисту: не дозволяється діяльність з перевищенням шкоди над вигодою, індивідуальні дози опромінення та кількість осіб мають бути мінімальними, опромінення від усіх джерел не повинно перевищувати ліміт доз [6].

Висновки до розділу 1

Аварії на радіаційних установках негативно впливають на навколишнє природне середовище. Руйнівних наслідків зазнають об'єкти природо-заповідного фонду, які знаходяться в зоні радіоактивного впливу. Рекреаційна сфера зазнає великих економічних збитків. Зазнали радіоактивного забруднення атмосферне повітря, ґрунт, вода.

Велика кількість туристичних ресурсів були зруйновані, пошкоджені або недоступні через тимчасову окупацію. Рекреація населення різко скоротилося через обстріли, стреси, роз'єднання сімей.

На рекреаційні ресурси, зокрема й ботанічні сади, які знаходяться в умовно безпечних місцевостях, наприклад, в Житомирі, виросло рекреаційне навантаження. Тому має бути забезпечена екологічна, в тому числі, й радіаційна, безпека.

РОЗДІЛ 2

ПРОГРАМА, МЕТОДИКА ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРЕДМЕТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Програма проведення дослідження

Дослідження з теми дипломного проектування проводилися протягом 2024 – 2025 років. Для виконання даної роботи була розроблена програма досліджень, яка включала вирішення таких питань:

- проведення аналізу літературної наукової інформації з теми кваліфікаційної роботи і обґрунтування предмету досліджень;
- оформлення списку літературних джерел;
- розробка календарного плану досліджень;
- встановлення особливостей розміщення Ботанічного саду імені Героїв-десантників Поліського національного університету;
- встановлення особливостей зонування Ботанічного саду імені Героїв-десантників Поліського національного університету як об'єкта природо-заповідного фонду;
- проведення фотографування ділянок Ботанічного саду імені Героїв-десантників Поліського національного університету, де відбиралися проби ґрунту;
- вивчення причин радіоактивного забруднення ґрунту Ботанічного саду імені Героїв-десантників Поліського національного університету;
- відбір проб ґрунту та його маркування, пакування, етикетування і підготовка до аналізу Ботанічного саду імені Героїв-десантників Поліського національного університету;
- визначення питомої активності відібраних проб ґрунту Ботанічного саду імені Героїв-десантників Поліського національного університету;
- обробка даних та їх оформлення у таблиці, рисунки;

- формулювання висновків та пропозицій.

2.2. Методика досліджень

Відбір проб ґрунту проводили відповідно до вимог ДСТУ 4287:2004 «Якість ґрунту. Відбирання проб». Точкові проби отримували з використанням бура БП-25-15 на глибині 0-25 см. Відбір здійснювали на відстані більше 50 м від доріг. Точкові проби формували у гніздову пробу, масою не менше 1 кг. З проби вилучаються візуально помітні сторонні домішки, наприклад, елементи фауни, рештки рослинності. Відібрані проби поміщали в пакети, оформлювали етикеткою, транспортували до лабораторії, протягом доби підсушували при кімнатній температурі у добре провітрюваному сухому приміщенні [53, 54, 55].

Всі радіологічні визначення проводили у Вимірювальній лабораторії Поліського національного університету, яка у 2022 році пройшла аудит стану системи вимірювань. Вимірювальна лабораторія отримала Свідоцтво про відповідність системи вимірювань вимогам ДСТУ ISO 10012:2005.

Визначення питомої активності проб робили на приладі гамма-бета-спектрометр МКС-АТ1315 (фірма-виробник АТОМТЕХ). Отримання значень проводили двома етапами: вимірювання робочого фонового спектру і вимірювання активності наважок проб. Робочий фоновий спектр вимірюється протягом 3 годин заздалегідь і записується в пам'ять гамма-бета-спектрометра МКС-АТ1315. Також попередньо та аналогічно вимірюється і записується контрольний фоновий спектр. Вимірювання активності радіонуклідів здійснюють шляхом внесення у посуд Марінеллі наважок проб, який переносять в блок захисту гамма-бета-спектрометра МКС-АТ1315, використовуючи інструкції та програмне забезпечення «SPTR». Вимірювання активності на гамма-бета-спектрометрі МКС-АТ1315 виконується методом реєстрації гамма- і бета-випромінювання сцинтиляційними блоками детектування. Для реєстрації гамма-випромінювання застосовується блок детектування з кристалами натрію йодиду діаметром 63 мм та висотою 63 мм. Для реєстрації бета-випромінювання застосовується блок детектування з

полістиролом, активованим пара-терфенілом діаметром 128 мм та висотою 9 мм. Результатом реєстрації є апаратурні спектри, які виводяться в реальному часі монітор персонального комп'ютера. Результати вимірювань надаються у цифровому вигляді на моніторі персонального комп'ютера [42, 45, 46].

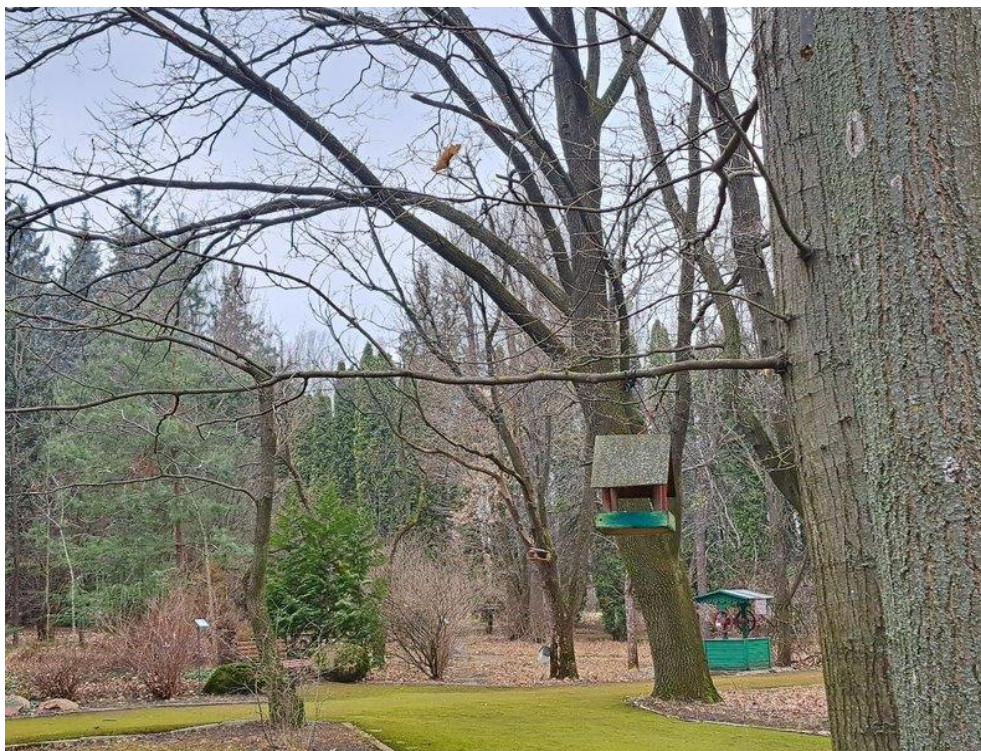
2.3. Характеристика предмету дослідження

Ботанічний сад імені Героїв-десантників Поліського національного університету розташований у місті Житомир за юридичною адресою вулиця Корольова, 39.



Датою створення є перша половина 20 століття. Ботанічний сад має загальну площу майже 36 гектарів. Це природоохоронна територія, що знаходиться на різних берегах річки Путятинка. У Ботанічному саду є скульптури, малі архітектурні форми, будиночок для проведення занять, конференцій, заходів. Ботанічний сад має альтанки.

Ботанічний сад імені Героїв-десантників Поліського національного університету використовується у наукових, навчальних, рекреаційних цілях. Проводиться акліматизація та інтродукція рослин.



Ботаніками нараховано 500 видів та порід дерев, кущів у саду. Трав'янистих рослин більша тисячі видів.

У 2024 році Ботанічний сад Поліського національного університету отримав почесне звання імені Героїв-десантників [35, 37, 40].

РОЗДІЛ 3

ОЦІНКИ СТАНУ РАДІОАКТИВНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТУ БОТАНІЧНОГО САДУ ПОЛІСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

3.1. Результати радіоекологічного стану ґрунту

Природно-заповідний фонд України – це основна категорія охоронюваних природних територій, яку законодавство визнає як "золотий запас" української природи. Він включає ліси, степи, болота, гори, ріки, печери та інші екосистеми, що мають особливе значення для збереження біорізноманіття та природних ресурсів. До його складу входять як великі, так і маловідомі заповідники, природні парки, заказники та інші охоронювані природні території.

За законодавством України (зокрема, згідно із законом від 16 червня 1992 року та іншими нормативними актами) на території цих об'єктів заборонено проведення видобувних робіт, рубок, полювання, а також інших видів діяльності, які можуть зашкодити природній екосистемі. Відповідно до цих норм встановлюються окремі охоронні зони навколо пам'яток природи, що гарантує їхню сталість та збереження унікального ландшафту.

Сучасні інформаційні ресурси, зокрема інтерактивні атласи та Публічна кадастрова карта, допомагають відслідковувати розташування й стан понад 7000 об'єктів природно-заповідного фонду по всій території України. Це важливий інструмент як для державних структур, так і для громадськості, що дозволяє краще планувати заходи з охорони довкілля.

Отже, природно-заповідний фонд – це не просто сукупність охоронюваних територій, а й потужний механізм збереження природного спадку для майбутніх поколінь, який є основою екологічної безпеки країни.

Ботанічний сад - це доглянута колекція рослин для наукового вивчення, збереження, освіти та розваг. Це чудове місце, де можна дізнатися про різні види рослин і оцінити красу природи. Ботанічний сад - це місце, де зберігають

та досліджують рослини для наукових та освітніх цілей. Вони відіграють важливу роль у збереженні різноманітності рослинного світу, проведенні досліджень та навчанні людей про біологію рослин. Ботанічні сади також можуть бути важливими центрами збереження видів, які перебувають під загрозою вимирання. Ботанічний сад - це місце, де зберігають та досліджують рослини для наукових та освітніх цілей. Вони відіграють важливу роль у збереженні різноманітності рослинного світу, проведенні досліджень та навчанні людей про біологію рослин. Ботанічні сади також можуть бути важливими центрами збереження видів, які перебувають під загрозою вимирання. У ботанічному саду може бути кілька зон, таких як теплиці для екзотичних рослин, декоративний сад, оранжереї для тропічних рослин, альпійські гірки, зони для вивчення місцевої флори та інше. Кожна зона може бути призначена для деяких конкретних типів рослин або екосистем.

Ботанічний сад імені Героїв-десантників Поліського національного університету має таке розташування: рисунок 5, 6.

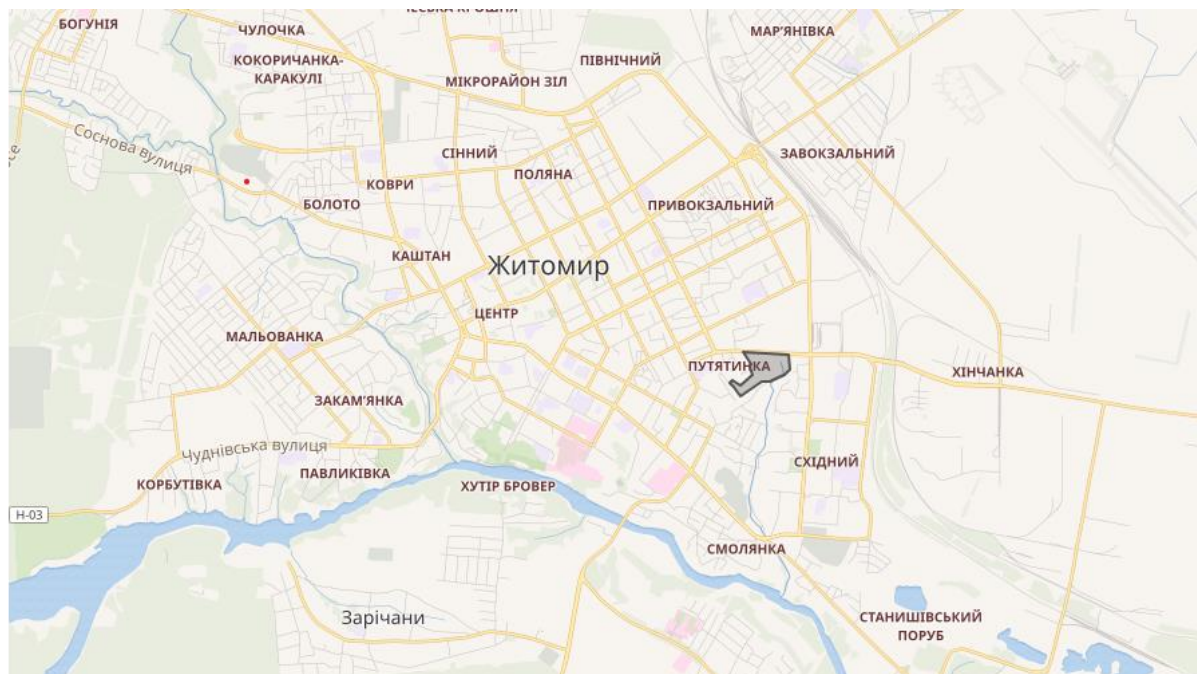


Рисунок 5. Ботанічний сад Поліського національного університету імені Героїв-десантників на мапі Житомира



Рисунок 6. Вхід у Ботанічний сад Поліського національного університету імені Героїв-десантників

Місця відбору проб ґрунту позначені на рисунку 7.



Рисунок 7. Точки відбору проб ґрунту у Ботанічному саду Поліського національного університету імені Героїв-десантників

У долині річки Путятинка ґрунти лучні, на височині саду – дерново-підзолисті. Ці ґрунти є зональними і характерними для більшості площі Житомирського Полісся. Вони дещо різні за гранулометричним складом та

грунтоутворюючими породами. Ці ґрунти, очевидно, різні за накопиченням та вмістом радіонуклідів [43]. Оскільки Ботанічний сад Поліського національного університету імені Героїв-десантників належить до природо-заповідного фонду, то тут заборонена діяльність людини, окрім протипожежних, санітарних заходів, тому будемо вважати, що радіонукліди не зазнавали антропогенного впливу [47-50, 56].

Ми провели визначення рН ґрунту саду точково і виявили значення від 4 до 8,5. Такі результати потребують додаткового ретельного обстеження і розробки точкових рекомендацій. Це може бути внесення різних добрив, різні кількості добрив, внесення вапна [38].

Рекреаційна і туристична діяльність носить законодавчо врегульований характер. Враховуючи реалізацію права кожного громадянина на відпочинок, ми повинні розробити заходи, які унеможливлювали або зменшували площі та виникнення деградованих ділянок [1, 47, 49]. Деградація ґрунту спостерігається у місцях, які не призначені для прогулянок, поза доріжками, у створенні стихійних фотозон, це проявляється ущільненням землі, руйнування її структури, як наслідок – зменшення родючості, необхідність відновлювальних міроприємств, вкладення додаткових коштів, посилення вітрової ерозії. Деградують в першу чергу нижні яруси рослинності – трав'яниста, чагарники. Влітку і на весні туристи, окрім витоптування, знищують квітучі гарні рослини, влаштовують приховані смітники.

3.2. Оцінка радіоекологічного стану ґрунту Ботанічного саду

Питома активність ґрунту - це показник пасивного або активного амонію або азоту, що знаходиться у ґрунті і готовий бути взятий рослинами. Цей показник відображає рівень родючості ґрунту та його здатність підтримувати врожайність рослин. Зони радіоактивного забруднення в Україні включають Чорнобильську зону відчуження, де стався аварійний вибух на Чорнобильській АЕС у 1986 році. Також існують інші ділянки, що були забруднені внаслідок цієї катастрофи. Зона посиленого радіаційного контролю, також відома як зона

радіаційного контролю (ЗРК), - це територія, де можуть бути присутніми потенційно небезпечні рівні радіації. Ці зони зазвичай встановлюються навколо атомних електростанцій, дослідницьких центрів або інших місць, де працюють з радіоактивними матеріалами. Важливо дотримуватися всіх протоколів і правил безпеки при вході або роботі в цих зонах, щоб звести до мінімуму ризик впливу шкідливого випромінювання.

Цезій-137 - радіоактивний ізотоп цезію, який утворюється під час ядерних вибухів та ядерних аварій. Він може проникнути в ґрунт, воду та продукти харчування, і відомий своєю високою токсичністю для людини. Стронцій-90 - це радіоактивний ізотоп стронцію, який утворюється в реакторах або викидається при вибуху ядерної зброї. Він може впливати на здоров'я людини, зокрема на її кістки, якщо потрапляє у організм через забруднену їжу або водою. Висока експозиція стронцію-90 може призвести до раку або інших серйозних захворювань. Важливо бути обережним із контактом з цим радіоактивним елементом. Калій-40 - це радіоактивний ізотоп калію, який може бути знайдений у природних джерелах, таких як гірські мінерали та біологічні матеріали. Він має велику половину періоду, що означає, що він розпадається дуже повільно. Калій-40 також є важливим для організму людини, оскільки він є одним із найважливіших макроелементів, необхідних для правильної роботи м'язів і нервової системи.

Назва проби	Питома активність за ^{137}Cs , Бк/кг	Питома активність за ^{90}Sr , Бк/кг	Питома активність за ^{40}K , Бк/кг
Ґрунт 1	193,9±21,3	2,1±0,5	393,9±31,3

Грунт 2	361,5±3,9	3,1±0,1	301,5±20,9
Грунт 3	265,8±10,3	4,1±0,3	265,8±10,3
Грунт 4	348,5±3,6	2,9±0,6	439,8±31,6
Грунт 5	302,1±6,2	1,9±0,4	372,1±17,2
Грунт 6	214,6±3,4	0,7±0,1	413,7±1,2
Грунт 7	258,6±7,6	0,1±0,02	347,5±5,8
Грунт 8	298,3±12,8	1,7±0,3	259,3±11,8
Грунт 9	292,5±9,2	0,8±0,02	327,9±12,7
Грунт 10	236,4±8,7	1,3±0,07	346,8±11,7

Таблиця 1

Питома активність досліджуваних проб ґрунту у Ботанічному саду Поліського національного університету імені Героїв-десантників

Радіоекологічний моніторинг – це система заходів, спрямованих на спостереження, аналіз та оцінку стану навколишнього середовища з точки зору радіаційного впливу. Основні завдання цього моніторингу включають:

- Вимірювання та контроль рівня іонізуючого випромінювання в ґрунтах, водах, повітрі та біологічних об'єктах.
- Визначення джерел радіоактивного забруднення, що можуть бути пов'язані з аваріями на ядерних об'єктах, використанням радіоактивних матеріалів у промисловості чи сільському господарстві.
- Оцінка потенційних ризиків для здоров'я людей та екосистем.
- Розробка та впровадження заходів для запобігання поширенню радіоактивних речовин у довкілля.

Цей комплекс заходів допомагає державним установам (наприклад, Міністерству захисту довкілля) та науково-дослідним організаціям своєчасно виявляти змінення у радіаційному фоні, що дозволяє мінімізувати негативні наслідки для екосистем та здоров'я населення.

Радіація – це форма енергії, яка може впливати на живий організм як позитивно (при дуже низьких дозах, як-от природне тло, яке стимулює деякі захи-

сні механізми організму), так і негативно, коли дози перевищують безпечний поріг.

Основні аспекти впливу радіації на людину:

1. Енергетичне ушкодження клітин.

2. Радіаційні частинки проникають у тканини, передаючи енергію клітинам. Це може призвести до іонізації атомів та молекул – процесу, при якому клітинні структури, включаючи ДНК, пошкоджуються.

3. Короткострокові симптоми.

При опроміненні високою дозою можуть виникнути гострі реакції, наприклад, нудота, головний біль, слабкість, а також симптоми цього так званої «радіаційної хвороби». У медичних процедурах, де використовують контрольоване опромінення, такі ефекти зазвичай короткочасні та зникають.

4. Тканинні та органні зміни.

Деякі органи, зокрема клітини червоного кісткового мозку, щитовидна залоза, легені та інші внутрішні органи, найбільш чутливі до впливу радіації. При тривалому впливі або високих дозах зростає ризик мутацій, які можуть призвести до розвитку онкологічних процесів.

5. Довгострокові наслідки.

Надмірне або тривале опромінення може спричинити хронічні захворювання – зокрема, підвищення ризику раку. Дослідження показують, що люди, які отримали високодозове опромінення, мають збільшену ймовірність розвитку цього захворювання.

6. Захисні механізми організму.

Організм може активувати деякі захисні механізми при впливі невеликих доз радіації, проте цей ефект діє лише в межах певного рівня опромінення. При перевищенні цього порогу захисні сили організму не справляються з негативним впливом, що веде до масштабних ушкоджень.

Загалом, вплив радіації на людину дуже залежить від дози та тривалості впливу. У контрольованих умовах (наприклад, у медицині) радіаційне опромі-

нення може бути безпечним і навіть корисним для лікування, але у випадку несподіваної або надмірної експозиції ризику для здоров'я значно зростають.

Калій-40 є радіоактивним ізотопом калію, який може впливати на організм людини через радіаційний вплив. У невеликих дозах присутність калію-40 в організмі не є шкідливою, оскільки людина постійно викладається до природного радіаційного фону. Однак у великих дозах калій-40 може викликати ураження органів, а також позначити на клітинному рівні. Головною джерело калію-40 у людини є їжа, така як банани і солодка кукурудза. Калій-40 є радіоактивним ізотопом калію, який є частиною багатьох продуктів харчування. Хоча калій є життєво важливим мікроелементом для людини, його радіоактивна форма, калій-40, може бути шкідливою для організму великими дозами. Токсичність калію-40 проявляється у здатності цього радіоізотопа змінювати структуру і функції клітин в організмі, що може призвести до виникнення раку або інших серйозних захворювань. При довгостроковому впливі великих доз калію-40 може виникнути радіаційний пошкодження органів і систем людини. Стронцій-90 є радіоактивним ізотопом стронцію, який може впливати на організм людини, якщо потрапляє у внутрішній середовищі через подих або крізь шкіру. Він може бути небезпечним, так як віддає радіацію, яка може пошкоджувати клітини і викликати рак. Вплив стронцію-90 на організм людини залежить від дози та тривалості впливу. Важливо уникати контакту з радіоактивними речовинами, в тому числі стронцієм-90, і дотримуватися всіх рекомендацій щодо безпеки від радіації. Токсичність стронцію-90 проявляється в тому, що він може акумулюватися в організмі людини і спричиняти ураження кісткової тканини та внутрішніх органів. Висока енергія випромінювання стронцію-90 може пошкоджувати ДНК, що може призвести до розвитку раку та інших захворювань. Тому важливо уникати контакту з цим радіоактивним елементом і дотримуватися відповідних заходів безпеки. Цезій-137 може потрапити в організм людини через споживання забрудненої їжі або водою, а також через вдихання забрудненого повітря. Він може накопичуватися в тканинах організму і викликати радіоактивне випромінювання, що може призвести до пошкодження клі-

тин і здоров'я людини, включаючи рак і інші хвороби. У разі можливого контакту з цезієм-137 важливо вжити заходів безпеки, включаючи обмеження споживання забруднених продуктів та використання захисного спорядження. Токсична дія цезію-137 на організм людини проявляється у згортанні крові, пошкодженні клітин, радіаційних опіках, втраті волосся, пошкодженні кісток та можливому виникненні ракових захворювань.

Радіоактивне забруднення ґрунту – це процес, коли в ґрунт потрапляють радіонукліди, зокрема такі як Цезій-137, Стронцій-90 та інші елементи, що утворюються в результаті ядерних подій, аварій чи випробувань. Основною ознакою цього процесу є концентрація радіоактивних елементів, що перевищує природний (фоновий) рівень, що може призвести до негативних наслідків для здоров'я людини, рослин і тварин, а також впливати на агроєкосистеми.

Деякі важливі моменти:

- Потрапляння радіонуклідів: Зараження ґрунту відбувається завдяки атмосферним осадкам після ядерних аварій, промислових відходів або іншого радіоактивного впливу.
- Накопичення: Після попадання в ґрунт радіонукліди можуть накопичуватись і розповсюджуватись, впливаючи на рослинність і тваринний світ. Це може особливо стати проблемою в радіаційно забруднених зонах, де вміст певних елементів (наприклад, Цезій-137) забезпечує підвищений рівень радіації.
- Вплив на землеробство: Забруднення ґрунту радіонуклідами може змінити стан ґрунту, знижуючи його родючість та впливаючи на здоров'я рослин. Наприклад, у радіоактивних зонах можна спостерігати підвищену кислотність ґрунту та зниження концентрації корисних елементів, таких як фосфор і калій.
- Методи очищення: Існують технології дезактивації, які дозволяють зменшити рівень радіоактивного забруднення ґрунту, іноді навіть на 40-80% залежно від методики.

Радіоактивні речовини поділяються за походженням на природні та штучні [12]. Ми вивчали розповсюдження та розподіл радіонуклідів,.

Необхідно розробити рекомендації для екологічного планування рекреаційного природокористування, відновлення ресурсів, що надійшли в ґрунт внаслідок аварії на Чорнобильській атомній електростанції: ^{137}Cs та ^{90}Sr . Ці радіонукліди з ґрунту надходять до організму рослин і тварин, а потім до людини і сприяють внутрішньому опроміненню, тому їх кількість в продуктах харчування обмежується [11]. На землях природо-заповідного фонду вирощування сільськогосподарської продукції не проводиться, але під час вітрового підйому частинок землі відбувається їх вдихання, що також призводить до внутрішнього опромінення [13], рисунок 8.

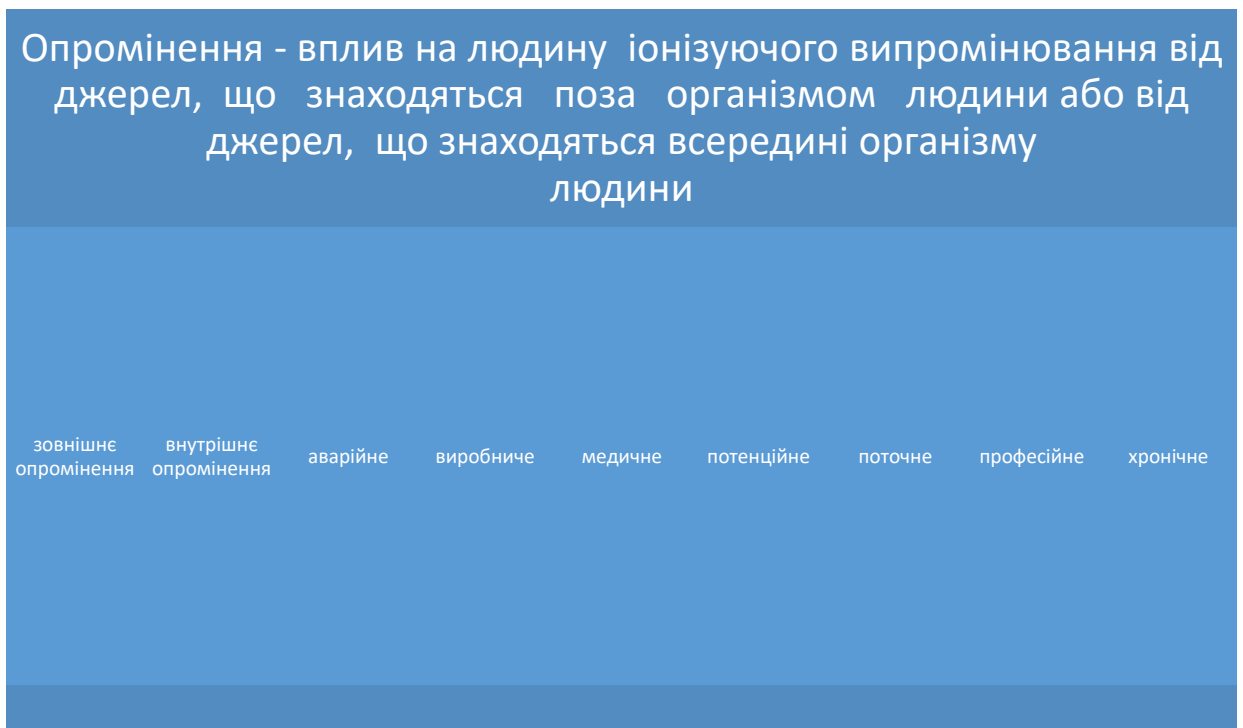


Рисунок 8. Види опромінення (за [11]).

^{40}K вважається природним радіонуклідом, який може додатково надходити з добривами [11]. Він створює з іншими радіонуклідами природний радіаційний фон [13]. У ґрунті може бути високий рівень калію через природні процеси зниження кислотності, де калій інтенсивно розчиняється у воді та виводиться з ґрунту. Крім того, можливо, що в ґрунт було додано добрива або мінерали, які містять калій, щоб підвищити його рівень для покращення росту

рослин. Для зниження вмісту калію в ґрунті можна використовувати наступні методи:

1. Лише поливайте рослини водою: Калій з ґрунту може вивітрюватися при повторному поливі рослин водою без додавання мінеральних добрив.

2. Використовуйте кислі добрива: Кислі добрива можуть допомогти знизити рівень калію в ґрунті, оскільки кисле середовище може допомогти його виростити.

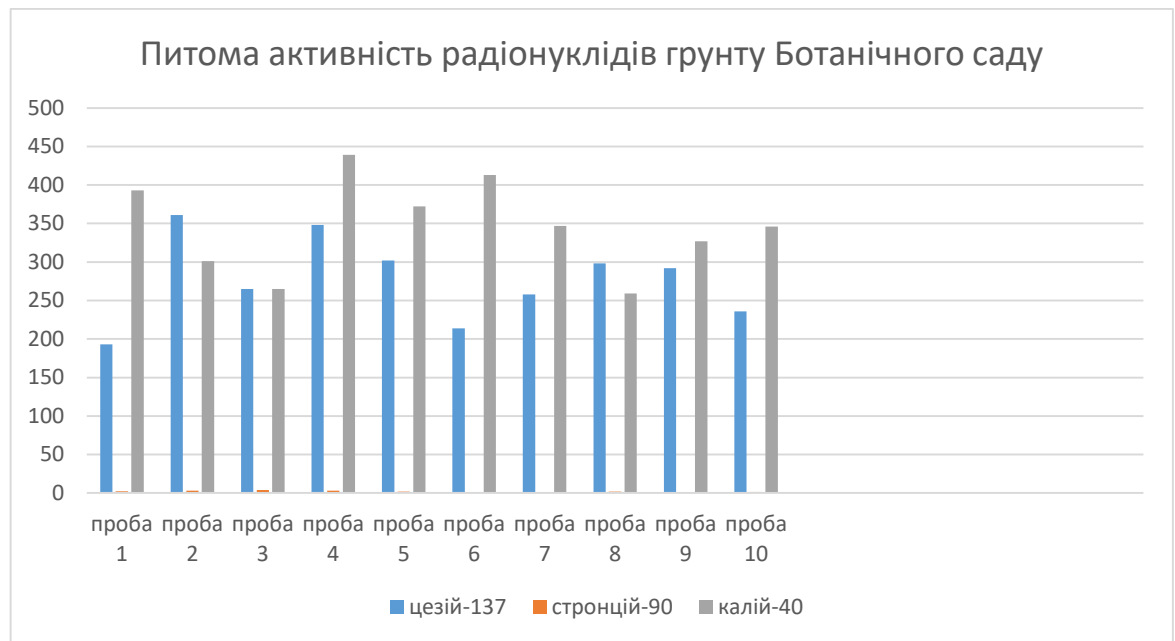


Рисунок 9. Результати аналізу проб ґрунту

Для зменшення кількості (а головним чинником – біодоступності) радіонуклідів у ґрунті дослідники застосовують комплекс заходів. Ось кілька підходів, які використовуються на практиці:

1. Застосування мінеральних добрив і добавок. Наприклад, фосфатні добрива, вапно або інші матеріали можуть сприяти хімічній фіксації радіонуклідів, знижуючи їх розчинність та мобільність. Це означає, що радіонукліди переходять у таку форму, яку рослини поглинають набагато менше.
2. Використання адсорбентів. Додавання глинистих матеріалів (наприклад, бентоніту, цеоліту) сприяє зв'язуванню радіонуклідів, що зменшує їх переміщення у ґрунті. Такі матеріали утворюють стабільні комплекси з іонами радіонуклідів, роблячи їх менш доступними для рослин.

3. Фіторемедіація. Використання спеціальних рослин, здатних накопичувати радіонукліди, допомагає видалити їх з ґрунту. Після досягнення певної концентрації забруднення рослини збирають та утилізують, тим самим зменшуючи загальний рівень радіоактивності.
4. Забезпечення стабільності ґрунтових умов. Регулювання рівня рН ґрунту або внесення органічних добрив може також впливати на хімічну форму радіонуклідів, знижуючи їхню доступність для переміщення та поглинання рослинами. Варто зазначити, що жоден із методів не дозволяє миттєво “очистити” ґрунт від радіонуклідів, але їх комплексне застосування допомагає зменшити біодоступну частину радіонуклідів, що, у свою чергу, знижує ризики для росту сільськогосподарських культур та навколишнього середовища.

Для зниження вмісту стронцію-90 в ґрунті рекомендується використовувати технології фітоекстракції або хелатування. Фітоекстракція полягає в використанні спеціальних рослин (фітоекстрагентів), які здатні поглинати токсичні метали з ґрунту. Цей метод ефективний, але може займати значну кількість часу. Хелатування використовує хелатуючі речовини для зв'язування і видалення металів з ґрунту. Цей метод може бути швидшим, але вимагає обережного використання, оскільки хелатуючі речовини можуть мати вплив на інші компоненти ґрунту. В обох випадках рекомендується проводити додаткові дослідження, щоб визначити оптимальні умови для зниження вмісту стронцію-90 в конкретному ґрунті.

Для зменшення рівня цезію-137 у ґрунті можна застосувати декілька методів:

1. Фіторемедіація: Деякі рослини, такі як соняшник, можуть поглинати цезій-137 з ґрунту через своє коріння. Посадка таких гіперакумуляторів може допомогти зменшити концентрацію цезію-137 у ґрунті.
2. Зміни в ґрунті: Додавання в ґрунт таких речовин, як калій або кальцій, може допомогти зменшити поглинання цезію-137 рослинами. Ці речовини можуть конкурувати з цезієм-137 за поглинання корінням рослин.

3. Промивання ґрунту: Цей метод передбачає промивання ґрунту водою або певними хімічними речовинами для видалення забруднювачів, таких як цезій-137. Промитий ґрунт потім обробляється або утилізується належним чином.

4. Ізоляція: Ізоляція забрудненого ґрунту бар'єром, наприклад, бетоном або пластиком, може допомогти запобігти поширенню цезію-137 на прилеглі території. Важливо зазначити, що ефективність цих методів може відрізнятися залежно від конкретних умов ґрунту і навколишнього середовища.

Висновки до розділу 3

Визначення радіонуклідів в навколишньому середовищі визначається як радіоекологічний моніторинг. Під час виконання кваліфікаційної роботи я відібрав проби ґрунту об'єкта природо-заповідного фонду – Ботанічний сад імені Героїв-десантників Поліського національного університету. Радіологічні дослідження демонструють забруднення ґрунту як природним, так і штучними радіонуклідами. Найвища питома активність зафіксована для калію-40, найнижча – для стронцію -90.

ВИСНОВКИ

1. Радіоекологічний моніторинг необхідно проводити ґрунтового покриву всієї території країни, включаючи землі природо-заповідного фонду.
2. Нами були проаналізовані пробу ґрунту Ботанічного саду імені Героїв-десантників Поліського національного університету на штучні радіонукліди, які потрапили внаслідок аварії на ЧАЕС (цезій-137 і стронцій-90) та природного радіонукліду (калій-40).
3. Питома активність ґрунту Ботанічного саду імені Героїв-десантників Поліського національного університету за цезієм-137 становила діапазон 193 – 361 Бк/кг. Найбільше забруднено виявилася проба на березі річки Путятинка.
4. Питома активність ґрунту Ботанічного саду імені Героїв-десантників Поліського національного університету за стронцієм-90 становила діапазон 0,1 – 4,1 Бк/кг. Найбільше забруднено виявилася проба на березі озера.
5. Питома активність ґрунту Ботанічного саду імені Героїв-десантників Поліського національного університету за калієм-40 становила діапазон 259 – 439 Бк/кг. Найбільше забруднено виявилася проба ґрунтових донних відкладень озера.
6. Розповсюдження радіонуклідів є нерівномірним і залежить від фізико-хімічних властивостей радіоактивного ізотопу.
7. Необхідно продовжити радіоекологічні обстеження ґрунту Ботанічного саду імені Героїв-десантників Поліського національного університету на різних глибинах та визначити питому активність різних життєвих форм рослин та їх ботанічних органів.

ПРОПОЗИЦІЇ

Для забезпечення вимог екологічної радіаційної безпеки, оптимального використання природних рекреаційних ресурсів, зокрема, природно-заповідного фонду потрібно втілити низку заходів:

- провести оцінку кількості та радіоактивності добрив, що використовуються,
- оптимізувати методи радіаційного контролю за станом ґрунтового покриву,
- запровадити наукові методи прогнозування зміни питомої активності ґрунту, біоаккумуляції радіонуклідів,
- проведення радіоекологічного моніторингу не рідше 1 разу на рік.,
- провести дослідження питомої активності ґрунту на глибині нижче 25 см.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Конституція України, 1996. ВВР № 30, ст. 141, 1996.
2. Про охорону навколишнього природного середовища : Закон України від 26 чер. 1991 р. № 1268-XII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text> (дата звернення: 20.01.2023).
3. Положення про державну систему моніторингу довкілля : Постанова КМУ № 391, 1998. . URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/391-98-%D0%BF#Text> (дата звернення: 20.01.2023).
4. Про схвалення Концепції Державної програми проведення моніторингу навколишнього природного середовища : Розпорядження КМУ від 07.07.2023 р. № 610-р.
5. Про затвердження Державної цільової екологічної програми проведення моніторингу навколишнього природного середовища : Постанова КМУ від 05.12.2007 № 1376 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1376-2007-%D0%BF#Text> (дата звернення: 20.01.2023).
6. Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку : Закон України від 08.02.1995 № 39/95-ВР. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/39/95-вр>.
7. Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання : Закон України. Відомості Верховної Ради України від 29.05.1998 р., № 22, стаття 115
8. Про дозвільну діяльність у сфері використання ядерної енергії : Закон України від 11.01.2000 № 1370-XIV. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1370-14#Text>
9. Положення про експерта з радіаційного захисту, затверджене Постановою Кабінету Міністрів України № 1493 від 24.12.2024 р. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1493-2024-%D0%BF#n9>

10. Державні гігієнічні нормативи "Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97)" : Постанова № 62 від 01.12.97 МОЗ України. <https://zakon.rada.gov.ua/go/v0062282-97>.

11. Державні гігієнічні нормативи "Допустимі рівні вмісту радіонуклідів Cs 137 та Sr 90 у продуктах харчування та питній воді" : Наказ МОЗ України 03.05.2006 № 256. Офіційний вісник України від 02.08.2006 р., № 29, стор. 142, стаття 2114

12. Норми радіаційної безпеки України; доповнення: Радіаційний захист від джерел потенційного опромінення (НРБУ-97/Д-2000) : Постанова № 62 від 01.12.97 МОЗ України, редакція від 12.07.2000 згідно Постанови Головного державного санітарного лікаря України 12.07.2000. № 116. <https://zakon.rada.gov.ua/go/v0116488-00>

13. Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України, 2005. Наказ МОЗ України 02.02.2005 N 54. Офіційний вісник України від 24.06.2005 р., № 23, стор. 197, стаття 1322, код акта 32646/2005

14. Про затвердження Правил ведення обліку та контролю ядерних матеріалів : Наказ 26.06.2006 № 97 Державного комітету ядерного регулювання України. Офіційний вісник України від 09.08.2006 р., № 30, стор. 238, стаття 2172

15. Інструкція з ведення єдиної системи документації з обліку та контролю ядерних матеріалів : Наказ Держатомрегулювання України від 08 грудня 2010 р. № 176 <https://snriu.gov.ua/npas/instrukciya-z-vedennya-yedinoyi-sistemi-dokumentaciyi-z-obliku-ta-kontrolyu-yadernih-materialiv>

16. Про затвердження Загальних положень безпеки при захороненні радіоактивних відходів : Держатомрегулювання; Наказ, Положення від 13.08.2018 № 331. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1008-18>.

17. Про затвердження Положення про функціональну підсистему запобігання та ліквідації надзвичайних ситуацій у зоні відчуження і зоні безумовного (обов'язкового) відселення єдиної державної системи цивільного

захисту : Мінприроди України; Наказ, Положення від 28.05.2019 № 193. *URL* : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0642-19>.

18. Про ідентифікацію та декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки (НПАОП 0.00-6.21-02), (НПАОП 0.00-6.22-02) : Постанова Кабінету Міністрів України; Порядок від 11.07.2002 № 956. *URL* : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/956-2002-п>.

19. Про Концепцію (основи державної політики) національної безпеки України : Постанова Верховної Ради України від 16.01.1997 № 3/97-ВР. *URL* : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3/97-%D0%B2%D1%80>.

20. Про національну безпеку України : Закон України від 21.06.2018 № 2469-VIII. *URL* : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2469-19>.

21. Про об'єкти підвищеної небезпеки : Закон України від 18.01.2001 № 2245-III. *URL* : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2245-14>.

22. Про поводження з радіоактивними відходами : Закон України від 30.06.1995 № 255/95-ВР. *URL* : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/255/95-вр>.

23. Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи : Закон України від 27.02.1991 № 791а-XII. *URL* : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/791%D0%B0-12>.

24. Стратегія інтегрованої автоматизованої системи радіаційного моніторингу на період до 2024 року : розпорядженням Кабінету Міністрів України від 29 квітня 2022 р. № 323-р. Урядовий кур'єр від 12.05.2022. № 107

25. Основні засади (стратегія) державної екологічної політики України на період до 2030 року : Закон України від 28 лютого 2019 року № 2697-VIII. Відомості Верховної Ради України від 19.04.2019 - 2019 р., № 16, стор. 8, стаття 70

26. Про видобування і переробку уранових руд : Закон України від 04.07.1999 р.

27. Гудков І.М., Кашпаров В.О., Паренюк О.Ю. Радіоекологічний моніторинг: навчальний посібник. Київ : 2018. 194 с.

28. Джура Н.М. Радіоекологія : навч.-метод. посібник. Львів, 2022. 112 с.
29. Наказ МОЗ України від 06.04.2022 № 585 "Про затвердження Методичних рекомендації щодо дій у зонах ядерного ураження".
30. Дунаєвська О.Ф. Екологічна Чорнобильська катастрофа: медико-біологічний аспект. *У світі хімії: до 35 річниці аварії на ЧАЕС* : зб. матеріалів II Всеукраїнської студ. наук.-практ. конф. Житомир: ФОП Бондар М.М., 2021. С. 243–248.
31. Тарасенко Е.В., Горальський Л.П., Дунаєвська О.Ф., Сокульський І.М. Маркерні ознаки органів імунотгенезу за радіоактивного випромінювання. *У світі хімії: до 35 річниці аварії на ЧАЕС* : зб. матеріалів II Всеукраїнської студ. наук.-практ. конф. Житомир: ФОП Бондар М.М., 2021. С. 289–293.
32. Державна служба з надзвичайних ситуацій : офіційний веб-сайт. URL : <https://www.dsns.gov.ua>.
33. Державна статистична служба України : офіційний веб-сайт. URL : <http://www.ukrstat.gov.ua>.
34. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України : офіційний веб-сайт. URL : <https://mepr.gov.ua>.
35. Управління екології та природних ресурсів Житомирської обласної державної адміністрації : офіційний веб-сайт. URL : <http://www.ecology.zt.gov.ua>.
36. Департамент з питань цивільного захисту населення та оборонної роботи Житомирської обласної державної адміністрації : офіційний веб-сайт. URL : <http://czndep.zht.gov.ua>.
37. Екологічний паспорт Житомирської області. Житомир: Житомирська обласна військова адміністрація, 2022. 187 с.
38. Головне управління статистики у Житомирській області. URL : <http://www.zt.ukrstat.gov.ua/>.
39. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України : офіційний веб-сайт. URL : <https://mepr.gov.ua>.

40. Управління екології та природних ресурсів Житомирської обласної державної адміністрації : офіційний веб-сайт. URL : <http://www.ecology.zt.gov.ua>.

41. Департамент з питань цивільного захисту населення та оборонної роботи Житомирської обласної державної адміністрації : офіційний веб-сайт. URL : <http://czndep.zht.gov.ua>.

42. Каленська, В. Використання моделювання у контексті удосконалення інвестиційного забезпечення сільськогосподарських підприємств на територіях радіаційного забруднення. *Економіка та суспільство*. (2020). № 22. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2020-22-95>

43. Орлов О.О. Закономірності міграції ^{137}Cs на геохімічних бар'єрах крайової зони мезотрофного болота в Українському Поліссі. *Геохімія техногенезу*. 2021. № 6. С. 58-60. DOI: <https://doi.org/10.15407/10.15407/geotech2021.34.058>

44. Трохимчук І. М. Лісові екосистеми та їх радіаційне забруднення. *Природнича освіта та наука*. 2024. № 4. С. 108-111. <https://doi.org/10.32782/NSER/2024-4.17>

45. Нагорний Є. Інформаційні технології при побудові поля радіаційного забруднення місцевості і прогнозуванні. *Екологічна безпека та природокористування*. 2024. № 49 (1). С. 155–160. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2024.1.155-160>

46. Олещенко Л. М., Ільїн М. О. Програмний аналіз потокових даних радіаційного забруднення повітря. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2023. № 2 (85). С. 187-195.

47. Про туризм: Закон України № 325/95-ВР від 15.09.95. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/324/95-%D0%B2%D1%80#Text> (дата звернення: 31.03.2024)

48. Положення про рекреаційну діяльність у межах територій та об'єктів природно-заповідного фонду України: Наказ Міністерства захисту

довкілля та природних ресурсів України № 256 від 26.07.2022 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1043-22#Text> (дата звернення: 31.03.2024)

49. Про природно-заповідний фонд України: Закон України № 2457-XII від 16.06.92. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-12#Text> (дата звернення: 31.03.2024)

50. Створення територій та об'єктів ПЗФ, як шлях до збереження національного багатства України. Ecobusiness: веб-сайт. URL: <https://ecolog-ua.com/news/stvorenniya-teritoriy-ta-obiektiv-prirodno-zapovidnogo-fondu-yak-shlyah-do-zberezhennya> (дата звернення: 31.03.2024)

51. Про охорону навколишнього природного середовища : Закон України від 26 чер. 1991 р. № 1268-XII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text> (дата звернення: 10.04.2024).

52. Про затвердження Положення про моніторинг земель : Постанова КМУ від 20.08.1993 № 661 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/661-93-%D0%BF#Text> (дата звернення: 10.04.2024).

53. Про охорону земель : Закон України 2003 р. № 962-IV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/962-15#Text> (дата звернення: 10.04.2024).

54. Фоменко Н. В. Рекреаційні ресурси та курортологія: Навч. посібник. К.: Центр навч. літ., 2007. – 312 с.

ДОДАТКИ

Додаток А