


Міністерство освіти та науки України  
Рівненський державний гуманітарний університет  
Психолого-природничий факультет  
Кафедра екології, географії та туризму

«До захисту допущено»  
Завідувач кафедри



(підпис)

Д.В. Лико  
(ініціали, прізвище)

“ \_\_\_\_\_ ” червня 2022 року

**Пояснювальна записка**  
до кваліфікаційної роботи бакалавра

зі спеціальності 014.07 «Середня освіта (Географія)»  
(код і назва)

на тему: «Використання засобів дистанційного зондування Землі для оцінки геоекологічних ризиків регіону (на прикладі Волинського Полісся)»

Виконав (-ла): студент (-ка) IV курсу, групи Г-41  
(шифр групи)

Петрик Максим Федорович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник кандидат географічних наук, професор Мартинюк В. О.  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент кандидат географічних наук, доцент кафедри екології, географії та туризму Суходольська Ірина Леонідівна  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

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

Студент \_\_\_\_\_

(підпис)

**Оцінка за результатами захисту:**

Національна шкала \_\_\_\_\_

Кількість балів: \_\_\_\_\_

Оцінка: ЄКТС \_\_\_\_\_

**Рівне – 2022 року**

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	3
<b>РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ З ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ</b> .....	6
1.1. Історичні аспекти розвитку дистанційного зондування Землі.....	6
1.2. Географічна класифікація екологічних ризиків.....	13
1.3. Підходи та методи дослідження геоекологічних ризиків регіону.....	31
<b>РОЗДІЛ 2. ПРОСТОРОВИЙ АНАЛІЗ ТА ОЦІНКА ГЕОЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ЗАСОБАМИ ДЗЗ ЛАНДШАФТІВ ВОЛИНСЬКОГО ПОЛІССЯ</b> .....	35
2.1. Просторовий аналіз геоекологічної ситуації Волинського Полісся.....	35
2.2. Оцінка геоекологічних ризиків природного походження.....	37
2.2.1. Геолого-геоморфогенні ризики.....	37
2.2.2. Кліматогенні ризики.....	40
2.2.3. Гідрогенні ризики.....	45
2.2.4. Пірогенні ризики.....	48
2.3. Оцінка геоекологічних ризиків техногенного походження.....	51
2.3.1. Ризики функціонування трубопровідної нафто-газотранспортної системи.....	51
2.3.2. Ризики діяльності підприємств деревообробної промисловості.....	56
2.3.3. Постчорнобильські ризики життєдіяльності населення.....	60
<b>РОЗДІЛ 3. ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ ДЗЗ ТА ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ НА УРОКАХ ГЕОГРАФІЇ</b> .....	65
3.1. Теоретичні основи використання геоінформаційних систем в навчально-виховному процесі у школі.....	65
3.2. Методика організації навчальної діяльності за допомогою ГІС.....	68
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	71
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ЛІТЕРАТУРИ</b> .....	74
<b>ДОДАТКИ</b> .....	81

## ВСТУП

**Актуальність теми дослідження.** Разом з розвитком наук про Землю формувалася розвиток інформаційних технологій, а особливо в останні десятиліття. Поєднання географії та інформатики дало початок виникненню географічних інформаційних систем (ГІС). В даному контексті поняття «географічні» характеризується не стільки в просторово-територіальному відношенні, а швидше як системність та скомпонованість в її використанні у дослідницьких підходах.

Геоінформаційні системи мають доволі широкий спектр використання в різних галузях та науках. Використання ГІС дозволяє швидко отримувати інформацію згідно запитів або скомпонувати вхідні дані та отримати на виході їх на картооснові. В екології ГІС дають змогу постійного моніторингу екосистем, прогнозування розвитку ситуацій, виявлення закономірностей в зміні їх стану.

Речі, які стали звичайними в нашому повсякденному житті є також заслугою геоінформаційних систем, їх використання дозволяє значно спростити життя. Серед їх заслуг – навігатори, цифрові карти з супутньою інформацією про об'єкти, доставка їжі, побудова екологічних карт, безпілотні агрегати в сільському господарстві, функції контролю за посівами в аграрній промисловості, моніторинг забудов, питання логістики. Усі наведені приклади свідчать про те, що дані технології широко використовуються нами і уявити життя без них сучасній людині досить складно. Допомагають такі системи в пошуку місць незаконної вирубки лісів, при постановці на кадастровий облік земельних ділянок, моніторингу стану нафто- та газопроводів.

Завдяки розвитку ІКТ (інформаційно-комп'ютерних технологій), в тому числі збільшенні годин в навчальній програмі в школах, з'являється можливість інтегрування елементів ГІС при вивченні окремих тем в закладах загальної середньої освіти. Також використання даних технологій буде доцільним під час організації науково-дослідницької діяльності учнів.

**Метою кваліфікаційної роботи** – дослідження можливостей та доцільності використання засобів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) до оцінки геоекологічних ризиків, функціональних особливостей наслідків негативних явищ (на прикладі фізико-географічної області Волинського Полісся).

Поставка мета передбачала розв’язання низки конкретних **завдань**, а саме:

- проаналізувати теоретико-методичні основи з питань дистанційного зондування Землі;
- здійснити аналіз та оцінити геоекологічні ризики за допомогою засобів ДЗЗ локальних територій Волинського Полісся;
- розкрити можливість використання дослідження геоекологічних ризиків за допомогою ГІС та ДЗЗ у шкільних курсах географії.

**Об’єкт дослідження** – геоекологічний стан ландшафтів Волинського Полісся, а **предмет** – оцінка засобами ДЗЗ геоекологічних ризиків регіону в стані природно-антропогенних трансформацій.

Для досягнення поставленої мети та завдань ми використали систему взаємопов’язаних теоретичних та емпіричних **методів** наукового дослідження:

- теоретичні: картографічний, математичний аналіз, синтез, узагальнення та систематизація інформації з історичної, педагогічної, психологічної, довідкової літератури з даної проблеми, порівняння та зіставлення різних поглядів науковців на дослідження виділених нами питань;
- емпіричні: цифрове моделювання, спостереження, складання графіків та таблиць, метод експертних оцінок.

**Практичне значення** дослідження полягає в обґрунтуванні можливості та доцільності використання результатів дослідження при вивченні тематичних розділів у шкільній навчальній програмі, можливість їх використання державними службами з надзвичайних ситуацій, управліннями екології та природокористування, структурними підрозділами управлінь

водного господарства та водних систем, меліоративних господарств. Також можливе використання результатів досліджень при реалізації територіальними громадами концепції сталого розвитку.

**Апробація дослідження.** Окремі аспекти роботи відображені у матеріалах трьох науково-практичних конференцій, а саме:

**Петрик М.Ф., Чекалова О.М.** Геоекологічні проблеми поліського регіону пов'язані з незаконним видобутком бурштину. *Наука сьогодення: від досліджень до стратегічних рішень*: матеріали II Міжнародної студентської наукової конференції, м. Умань, 24 вересня, 2021 рік / Молодіжна наукова ліга. Вінниця: Європейська наукова платформа, 2021. С. 157-159.

**Петрик М. Ф., Мартинюк В.О.** Використання засобів дистанційного зондування Землі для оцінки масштабів весняного водопілля на річці Случ. *Тренди та перспективи розвитку мультидисциплінарних досліджень*: матеріали II Міжнародної студентської наукової конференції (Т. 2), м. Чернігів, 15 жовтня, 2021 рік / Молодіжна наукова ліга. Вінниця: Європейська наукова платформа, 2021. С. 115-117.

**Петрик М. Ф.** Аналіз пірогенних ризиків у межах Волинського Полісся за даними дистанційного зондування Землі (на прикладі ключової ділянки «Залаззя»). *Студентський дайджест. Збірник наукових матеріалів здобувачів вищої освіти*. Рівне: РДГУ, 2022. Вип. 2. С. 112-115.

**Структура роботи.** Бакалаврська робота складається зі вступу, 3 розділів, 8 підрозділів, 7 таблиць, 16 рисунків, загального висновку, списку використаної літератури та 11 додатків. Основний зміст роботи викладено на 73 сторінках.

## РОЗДІЛ 1

### ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ З ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

#### 1.1. Історичні аспекти розвитку дистанційного зондування Землі

Першим періодом, який дав початок дослідженню питань можливості дистанційного зондування Землі варто вважати кінець XVIII – початок XX століття. Цьому передувала знакова подія – винахід французьким військовим інженером Е. Лосседом способу розгортання фотознімки, який отримували при зйомці з повітряної кулі, в план. Даний спосіб зйомки назвали метрофотографією, а у 1860 році термін отримав свою закінчену назву «фотграмметрії» [64]. Фотограмметрія сьогодні охоплює досить широкий спектр досліджень, сюди відносяться як і дослідження теоретичних основ так і практичні способи, які дозволяють визначати форми, положення та розміри об'єктів по їх фотознімках та іншим видам зображення.

Ще одним, рівним по значимості винаходом став перший багатокамерний фотоапарат, який дозволяв знімати панорами. Розроблений він був у 1899 році Річардом Тіле і призначався конкретно для повітряної зйомки. Аналізуючи альтернативні способи отримування аерофотографії в даному історичному відрізку часу можна також виділити фотозйомку за допомогою птахів (у 1904 році фотозйомка Юліусом Густавом за допомогою голубів); повітряних зміїв (у 1883 році англійським метеорологом Е. Арчибальдом); та ракет (1898 рік – Альфред Нобель) [17].

Проте, особливо швидкий розвиток дистанційного зондування в даному відрізку часу прийшовся на Першу світову війну в 1914 – 1918 рр. Саме тоді при військових органах почали створюватись спеціальні аеротопографічні парки, в обов'язки яких входила фотозйомка місцевості ведення бойових дій. Важливість аерофоторозвідки розумілась на всіх сторонах фронтів. Є докази, які стверджують про фотографування як мінімум двічі на день ліній фронту під кінець війни [3].

Наприкінці розглянутого нами історичного періоду в 1920 році С. Хоффманом були зроблені перші аерофотознімки, які були виконані в інфрачервоному діапазоні [15].

Другий період розвитку умовно бере свій початок в 1920 по 1940 рр. Саме в цьому періоді можливість дистанційного зондування Землі починає розглядатись не лише у військових цілях, а й у громадянських, в особливості в аграрній промисловості. В цей же час відбувається формування галузевих інститутів і становлення аерофотозйомки як окремої наукової дисципліни. В 1921 році геологічна служба США розпочинає використання засобів дистанційного зондування для обліку лісовкритих площ, а згодом даний метод почали використовувати і для обліку гідроресурсів. Це дало можливість розширити спектр робіт по геоботанічним та геологічним дослідженням за допомогою дешифрації отримуваних аерознімків.

В даному історичному періоді, в країнах де дана галузь була вже розвинута на високому на той час рівні підхід до дистанційного зондування був дещо різний. Фактично, розмір країн визначав основні задачі, які були поставлені перед аерофотозйомкою. Для великих нерозвіданих площ Канади та Сполучених Штатів Америки в першу чергу висувалась швидкість отримання даних, навіть при умові втрати якості. Переважно це була дрібномасштабна аерозйомка територій та дещо спрощена постобробка знімків. Для Європейських же країн був більш характерним підхід, в якому дистанційна фотозйомка мала на меті якісні показники з ціллю уточнення вже існуючих топокарт, приведення їх до сучасного ладу (крупномасштабна аерофотозйомка).

На території України, яка тоді була у складі Радянського Союзу була дещо двояка картина, оскільки країна мала величезну площу, яка була досить сильно диференційована по господарському освоєнню, то і методи дистанційного зондування використовувались відповідно до потреб. З часом акцент змістився на масштабну зйомку малорозвіданих територій, це

відбувалось також і по причині переносу промислових потужностей та зростаючих потреб в оцінці природних ресурсів країни.

Розвиток дистанційного зондування приводить до появи перших спеціалізованих кафедр та галузевих інститутів. В 1929 році було організовано перший Науково – дослідницький інститут аерозйомки (в майбутньому став Центральним науково – дослідницьким інститутом геодезії, аерозйомки та картографії) під керівництвом Олександра Ферсмана, також був налагоджений випуск фотограмметричної апаратури [10].

В 30х роках ХХ століття був створений багатооб'єктивний аерофотоапарат та перша модель топографічного стереометра, перший ширококутний аерофотооб'єктив «Ліар – 5» під керівництвом М. Русінова [60].

До 1937 року дистанційна зйомка використовувалась не стільки для суцільного картографування країни, скільки по запитам окремих організацій. Проте, формування спеціалізованих державних підприємств створених для ведення подібних робіт в окремих галузях господарств дозволило перейти до суцільних зйомок територій при державному фінансуванні. Як результат – стрибкоподібне збільшення об'ємів робіт по дистанційному зондуванню Землі, за період 1925 – 1939 рр. він збільшився майже в 80 раз [10].

Важливою подією, яка сталася в країнах Заходу в 1936 році стало те, що Альберт Стівенсон отримав перші знімки, які відображали фактичну кривизну планети Земля та межі стратосфери. Зйомки велись на висоті 23 км.

В 1939 році почалась Друга світова війна, в якій аерофотозйомка грала одну з найважливіших ролей та забезпечувала армії по обидва боки необхідної інформацією.

Третій період розвитку: кінець 1940-х – 1980-і рр. Даний період був переломним в історії розвитку дистанційного зондування. Саме в цьому історичному відрізку часу розпочалось зондування Землі з космічного простору та взяли старт програми найвідоміших і понині груп супутників, також бурхливо розвивається науково-дослідницька частина.



На початок періоду двигуном прогресу лишалась військова промисловість. В 1945 році отримано перший знімок поверхні Землі з космосу зроблений за допомогою фотоапарату, який був закріплений на балістичній ракеті Fau-2 (Сполучені Штати Америки) [25].

Холодна війна яка почалась незабаром була двигуном прогресу по обидва боки і в скорому часі нові розробки робили можливим конструювання розвідувальних апаратів та літаків. Варто зауважити, що на період середини ХХ ст. знімки були панхроматичними, тобто виконані в чорно-білих тонах і їх оцінка відбувалась візуальними методами. Згодом Колвел запропонував використання кольорової інфрачервоної технології в дистанційній фотозйомці, цю технологію вчений використовував для контролю захворюваності рослин, де нездорові рослини на таких знімках мали більш тьмяні відтінки. Фактично саме тоді була закладена база для аналізу зображень згідно спектральних характеристик [38].

В жовтні 1957 року спільними зусиллями країн соціалістичного блоку разом з Україною було запущено «Супутник-1» – перший штучний супутник Землі, з якого було отримано інформацію щодо верхніх шарів атмосфери. Дещо згодом, в 1971 році, була побудована нова орбітальна станція «Салют-1», яка була споряджена обладнанням для ведення фотозйомки Землі. Найперші різномасштабні зйомки, які велись з неї, дозволили зробити висновки щодо доцільності використання для спостережень Землі з космічного простору з використанням різних параметрів – масштаб, роздільна здатність та інші. Перспективність, яку виявили з початком використання пілотованих космічних апаратів стала причиною того, що всі наступні запуски космічних кораблів та орбітальних станцій несли з собою обладнання для зондування, як в прикладних, так і експериментальних цілях [25].

Згодом, в 1972 році був важливим для історії дистанційного зондування Землі, Національним управлінням з авіації та космонавтики і дослідження космічного простору (НАСА) було запущено Landsat 1, супутник який мав на меті спостереження за ресурсами планети. Саме він започаткував безперервне

спостереження результати якого зберігались в архівах, а отримані ним матеріали використовувались в наукових дослідженнях. Космознімки, отримані за допомогою супутника були виконані в чотирьох спектральних діапазонах і відкривали для вчених великі можливості вивчення обширних територій.

В цьому же році відбулась знакова подія в технологіях обробки даних отриманих з апаратів дистанційного зондування. Мова йде про використанням Д. Роузом в своїх роботах нормалізованого диференційованого вегетаційного індексу – NDVI. Експериментальним шляхом було визначено, що зелена рослинність має властивість більше відбивати ближній інфрачервоний спектр та добре поглинає випромінювання інфрачервоного діапазону [17] ( дод. А).

З середини 70-х років на території України починає діяти космічна програма супутників «Ресурс», яка була створена як загальнодержавна, постійно діюча система для вивчення природних ресурсів та контролю за навколишнім середовищем. Результат роботи супутників давав свої плоди, було відкрито багато нафтогазоносних геологічних структур, в тому числі і підводних та потенційних місць покладів цінних природних ресурсів. Супутники серії «Ресурс» не відрізнялись високою деталізацією, так як апаратна частина було оптично-електронною, працюючи протягом декількох років на низьких орбітах висотою 500-800 км вони регулярно передавали інформацію на наземні пункти прийому. Заслуга апаратів цієї серії – детальні космознімки території всієї України і окремих регіонів всіх континентів, включаючи Антарктиду [33].

Згодом, в кінці 80-х років, інші країни стали відчувати потребу у власних супутниках для дистанційного зондування, що в кінцевому результаті привело до швидкого збільшення доступності даних. В 1987 році був запущений перший французький багатоспектральний супутник SPOT-1, в подальшому супутники подібного типу були запущені Індією, Китаєм та Японією.

Всі події даного історичного відрізка часу підштовхнули подальший розвиток методів обробок отримуваних даних, спеціального програмного та апаратного забезпечення, а стрімкий розвиток інформаційних технологій згодом дозволив широке використання оброблених зображень в різноманітних науково-дослідницьких цілях.

Четвертий, крайній період розвитку дистанційного зондування: початок 1990-х і до сьогодні. Саме в цей період отримувані дані з зондування стали основним компонентом геоінформаційних систем. Швидкий розвиток комп'ютерних технологій сильно спростило оцифрування отримуваних даних, а глобальний розвиток геоінформаційних систем (ГІС) і персональних електронно-обчислювальних систем дозволив будь-якому користувачу приймати та обробляти геопросторові дані.

ГІС на даному етапі дозволяло перетворювати знімки в електронні карти, з подальшим нанесенням на них не тільки географічної, а і статичної, тематичної та іншої інформації, а також застосовувати до них різного роду аналітичні операції. Геоінформаційні системи можуть виявляти приховані тенденції, які важко або неможливо виявити при обробці космознімків «неозброєним оком». В єдиному комплексі дистанційне зондування і географічні інформаційні системи, створили надзвичайно ефективний метод проведення геопросторового аналізу поверхні нашої планети [16].

Появу перших ГІС відносять до середини 60-х років, саме тоді почали з'являтися перші передумови для інформатизації сфер діяльності, пов'язаних з моделюванням геопростору та виконанням відповідних задач. Їх розробка пов'язана з дослідженнями, які проводились переважно університетами, академічними установами, військово-оборонними відомствами та картографічними службами. Найбільш гарним прикладом того часу було створення в Канаді Р. Томлінсоном програмного забезпечення, яке використовувалося для аналізу даних інвентаризації земельного фонду Канади для подальшої раціоналізації землекористування [30].

Також 90-і роки відміtilись цікавим фактом в історії розвитку ДЗЗ. Окрім супутників зондування в космічному просторі працювала ціла низка космічних апаратів, які входять до Глобальної супутникової навігаційної системи, що включала в себе GPS (США), Галілео (Європа), КОМПАСС (Китай). Звичайно, що початкове призначення даних супутників було пов'язано з питаннями позиціонування об'єктів на Землі, проте найближчим часом таке відношення було переглянуто і був створений новий напрямок в дистанційному зондуванні відомий як рефлектومتрія. Відомо, що по причині неоднорідності атмосфери сигнали GPS (Система глобального позиціонування) поширюються по злегка вигнутій траєкторії і з невеликою затримкою і якщо спочатку це було джерелом помилкових значень, то завдяки працям вченим тепер дана функція використовується для визначення рівня поверхні океанів, швидкості та напрямку вітру, вологості ґрунту, товщини снігу та льоду [2].

В подальшому, окрім державних програм почав розвиватись приватний комерційний ринок дистанційного зондування. Приватні компанії розпочали та налагодили запуск власних супутників з наступним продажом космознімків, а також займаються наданням ліцензій на право прийому інформації з апаратів зондування. Створений ринок дав поштовх до появи більшого різноманіття пропонованих космічних знімків. З'явилась можливість замовити знімки на будь-яку територію, широким вибором роздільної здатності та можливістю вибору діапазону в якому буде проводитись зйомка. Програмні та апаратні потужності сучасних ПК дозволяють проводити практично будь-які операції по обробці знімків, а здешевлення сприяло тому, що до роботи з геоданими залучались не лише профільні спеціалісти, а й звичайні користувачі.

Останні запуски систем ДЗЗ мало на меті вирішити окремі глобальні питання людства – екологічна безпека, забруднення, глобальне потепління. Так в 2020 році був запущений гіперспектральний космічний апарат GEO-SARF, який має на меті забезпечити безперервний потік даних для великої кількості прикладних областей, таких як водні ресурси, сільське господарство,

попередження катастроф і екологічний моніторинг [47]. Для підтримки екологічного моніторингу стану атмосфери, Європейським союзом було створено програму Copernic [54].

## **1.2. Географічна класифікація екологічних ризиків**

Екологічний ризик кваліфікують як оцінку на всіх рівнях (від локального до глобального) ймовірності появи негативних змін у навколишньому середовищі, викликаних різними ситуаціями (факторами) природного та антропогенного (техногенного) характеру. Це ймовірна міра небезпеки заподіяння шкоди природному середовищу у вигляді можливих умовних втрат за певний час [41].

Проте, конкретного визначення поняття «екологічного ризику» поки що немає. Перш за все це пов'язано з тим, що екологічний ризик відрізняє ряд особливостей. Це багатofакторна система з причин, що його викликають, і з викликаних ними наслідків. Прояв екологічних ризиків викликає негативні процеси зміни якості довкілля як у ланцюжку взаємодіючих між собою компонентів, так і на різних ієрархічних рівнях організації; наслідки проявів екологічних ризиків «живуть» у просторово-часових координатах [7].

Негативні наслідки для навколишнього середовища не завжди в повній мірі відображають їх потужність та масштабність, що пов'язано у деяких випадках з асиміляційною здатністю екосистем та здатністю їх до самоорганізації.

Для того, щоб оцінювати та прогнозувати екологічні ризики, необхідно знати комплекс факторів або причин, що впливають на систему. В основу класифікації факторів екологічної небезпеки покладено поділ факторів на два типи – природні та антропогенні. З наступним їх підрозділом на окремі класи та підкласи (табл. 1.1.). Узагальнюючи, можна сказати що проблема оцінки екологічних ризиків є далеко не тривіальною, враховуючи різноманітність факторів екологічної небезпеки та унікальність їх просторового та часового

співвідношення з компонентами довкілля. Крім того, переважна кількість факторів екологічної небезпеки, наведених у таблиці, на сьогодні не розглядається в якості екологічних ризиків, що ускладнює пошук систематизованої інформації з метою подальшої оцінки їх прояву.

Таблиця 1.1.

## Класифікація факторів екологічної небезпеки

Тип	Клас		Вид
Природні	Космічні		Сонячна активність, космічне випромінювання
	Земні	Геологічні	Будова геологічного середовища Властивості гірських порід Еволюція земної кори
		Ландшафтно-географічні	Ландшафтні Гідрологічні
		Кліматичні	Аномальна кількість опадів Урагани, смерчі та інші аномально швидкі повітряні маси Екстремальні температури
		Деструктивні	Хімічні Фізичні Біологічні Механічні
		Непередбачені	Можуть бути будь-якого виду
Антропогенні	Економічні		Виробничі Ресурсні Енергетичні Демографічні
	Політичні		Недостатня або відсутня екологічна політика Політичні кризи Війна Тероризм, екстремізм, сепаратизм
	Соціальні		Соціально-економічні Соціально-побутові Інформаційні Науково-дослідницькі Релігійні та морально-етичні Екологічна безграмотність

## Продовження табл. 1.1.

	Правові	Незрілість екологічного права Правовий нігілізм Неповнота економічного права
	Непередбачені	Можуть бути будь-якого виду

Єдиної завершеної та уніфікованої класифікації екологічних ризиків поки що немає. Водночас, одним із варіантів класифікації екологічних ризиків може бути наступний [6; 19]:

1. За джерелами на класи: природні (зокрема космічні); техногенні (антропогенні); соціальні (суспільство – біосфера); політичні (держава, світова спільнота); економічні (економіка, бізнес).

2. За ступенем поширення: глобальні, локальні.

3. За характером прояву: перманентні та аварійні.

4. За впливом техногенних систем на навколишнє середовище та здоров'я населення: індивідуальні, популяційні, екологічні, професійні та ін.

5. За ступенем впливу на життєдіяльність людини: такими, що можна знехтувати (вплив незначний, можна не вживати ніяких заходів); прийнятний (видимий вплив, слід провести заходи контролю та захисту); надмірний (катастрофічний вплив, ніяка діяльність не допускається).

6. За реципієнтами впливу виділяють такі ризики: для здоров'я; для екосистем; ризик втрати природно-ресурсного потенціалу; ризик деградації або руйнування ландшафтів загалом.

Насправді фактори екологічного ризику виявляються в найрізноманітніших варіаціях: від одиничного до множинного, реалізуючи при цьому ефект мультиплікатора, що створює значні труднощі в оцінці ймовірності їх проявів [67]. Поділ ризиків на екологічні та ризики загрози здоров'ю є умовним та неоднозначним. У 1994 р. кілька міжнародних організацій – Програма ООН з навколишнього середовища (UNEP),

Організація об'єднаних націй з промислового розвитку (UNIDO), Міжнародне агентство з атомної енергії (IAEA) та Всесвітня організація охорони здоров'я (WHO) – розробили рекомендації щодо оцінки та управління ризиками, пов'язаними з загрозами здоров'ю людей та стану довкілля внаслідок дії енергетичних та промислових комплексів. До складу цих рекомендацій увійшли основні ознаки екологічних ризиків, пов'язаних із загрозами здоров'ю та життя людей та стану довкілля (табл. 1.2.). Дані таблиці свідчать про те, що екологічні ризики, пов'язані з загрозою здоров'ю та життя людей, з одного боку, і з загрозою стану довкілля, з іншого, характеризуються як однаковими, і різними ознаками. І ті та інші ризики можуть відбуватися, наприклад, як від джерел безперервного дії (шкідливі викиди від стаціонарних установок і транспортних систем), так та від джерел разової дії (аварійні ситуації на промислових об'єктах та природні катастрофи) [58].

Таблиця 1.2.

Основні ознаки екологічних ризиків, пов'язані з загрозою для населення та станом середовища проживання

<b>Категорії</b>	<b>Для населення</b>	<b>Для середовища проживання</b>
Характер дії джерела ризику	Неперервні Разові (аварійні)	Неперервні Разові (аварійні)
Група ризику	Населення даної місцевості Персонал підприємств	–
Протяжність впливу	Короткочасні Середньої протяжності Довготривалі	Короткочасні Середньої протяжності Довготривалі



## Продовження табл. 1.2.

Наслідки	За ступенем тяжкості: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Фатальні (ризик смерті)</li> <li>– Не фатальні (ризик травм, хвороби)</li> </ul> За часом прояву: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Негайні</li> <li>– Віддалені</li> </ul>	За розповсюдженням: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Локальні</li> <li>– Регіональні</li> <li>– Глобальні</li> </ul> За протяжністю: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Короткочасні</li> <li>– Середньої протяжності</li> <li>– Довготривалі</li> </ul>
----------	---	--

Звужуючи коло геоекологічних ризиків до необхідних ми можемо виділити наступні:

1. Геолого-геоморфогенні. До даної групи небезпек відносяться ендегенні, екзогенні та гравітаційні явища в літосфері та на її поверхні. Основними серед ендегенних процесів, які можуть заважати діяльності людини та змінювати характер екосистем чи руйнувати їх є вулканізм, землетруси та тектонічні рухи. І якщо перші два мають швидкоплинний характер та переважно катастрофічні наслідки, то тектонічні рухи характеризуються тим, що даний процес є доволі повільним і до його потенційних негативних наслідків можна підготуватись.

Вулканічна діяльність. Виверження вулканів супроводжується викидом у гідросферу, атмосферу різного роду рідких, твердих та газоподібних продуктів, які утворилися в результаті фізико-хімічних процесів в товщі надр. Вулканічні процеси також супроводжує утворення вулканічних форм рельєфу, які складаються з вулканічних гірських порід та в подальшому впливають на місцеві екосистеми. В історії досить часто зустрічаються випадки коли виверження вулканів ставало причиною вимирання окремих видів фауни та флори [1].

Землетрус. Є найбільш небезпечним геологічним процесом, а точніше його проявом. Раптово звільнена потенційна енергія з поперечними та поздовжніми хвилями спричиняє катастрофічні руйнування. В залежності від інтенсивності коливання літосфери поблизу епіцентру для землетрусу присвоюють силу та магнітуду. [42] Силу вимірюють по 12-бальній шкалі, яка базується на отриманих вхідних даних щодо руйнувань інфраструктури. Магнітуда вимірюється за 10-бальною шкалою Ріхтера. Потужні землетруси сильно змінюють рельєф місцевості, вододільні простори та гірські хребти. Землетрусам часто слідує гравітаційні екзогенні процеси – обвали та зсуви, каменепади, селі.

Обвали – приурочені переважно до стрімких дуже крутих або ж обривистих схилів. Під дією еолових процесів на схилах починають поширюватись паралельні тріщини, порода починає відшаровуватись в сторону схилу та під дією сили земного тяжіння, розпадаючись на окремі уламки, звалюється на поверхню схилу. [58]

Каменепади. Є одними з різновидів обвалів. Відрізняються розмірами уламків, які складені переважно брилами та крупним щебнем.

Осип – накопичення легкої рухомої гірської породи, що складена переважно дрібним щебнем та продуктами фізичного вивітрювання. Осипи як і обвали під дією сили тяжіння поступово опускаються вниз по схилу.

Зсуви – виникають переважно тоді, коли схил складений в більшій мірі з водотривких гірських порід.

2. Кліматогенні ризики. Посуха – природне явище, яке насувається відносно повільно, але приводить до стихійних лих, які наносять велику шкоду. Періоди незвично посушливої погоди можуть викликати потужні глобальні екологічні, економічні, соціальні та політичні проблеми, наприклад:

- пошкодження врожаю;
- недоїдання та голод;
- недостача поживних речовин;
- хвороби та епідемії;

- недостача прісної води;
- пожежі;
- міграція
- соціальні конфлікти та війни.

Хвилі тепла та різкого похолодання - ще два небезпечних природних явища, обидва з яких приводять до жертв.

Хвилі тепла – бувають тоді, коли добова максимальна температура перевищує середньодобову максимальну температуру більше ніж на 5°C протягом 7 днів або довше [68].

Різке похолодання або хвиля холоду – це раптове та швидке зниження температури за добовий період; мінімальна температура та градієнт падіння визначається окремо для кожного регіону та пори року.

Екстремальні температури представляють собою зростаючу загрозу по причині зміни клімату. Кліматичні зміни, як очікується, збільшать їх частоту та інтенсивність подібних екстремальних явищ. Прикладом подібних явищ може слугувати хвиля тепла влітку 2013 року в Австралії відому під назвою «Зле літо», тоді було встановлено більше ніж 125 температурних рекордів та розпочались сильні пожежі. Хвиля холоду в Європі в 2012 році: загинуло близько 600 осіб, на окремих територіях температура опускалась нижче -36°C.

Урагани, циклони, тайфуни – одне і те ж, але назва буде відрізнитись від місця локалізації. Загалом це проливні дощі з швидкістю вітру до 120 км/год в епіцентрі [13].

Ураган: західна частина Північної Атлантики, центральний та східний райони північної частини Тихого океану, Карибське море та Мексиканська затока. Сезон зазвичай триває з червня по листопад, а пік настає у серпні та вересні.

Тайфун: північно-західна частина Тихого океану. Сезон найчастіше триває з травня до листопада.

Дуже потужний штормовий циклон: Бенгальська затока та Аравійське море. Сезон, як правило, триває з квітня по червень та з вересня по листопад.

Потужний тропічний циклон: південно-західна частина Тихого океану та південно-східна частина Індійського океану. Сезон найчастіше триває з листопада до квітня.

Тропічний циклон: південно-західна частина Індійського океану. Сезон, як правило, триває з листопада до квітня.

Тропічні шторми класифікують відповідно до їх постійної швидкості вітру. Шкала, що використовується, залежить від їх розташування. Оскільки тропічні шторми можуть тривати один тиждень або довше, то досить часто разом можна спостерігати декілька штормів. Синоптики дають ім'я кожному тропічному шторму, щоб уникнути плутанини. Список імен для тропічних штормів пропонується країнами-членами конкретного регіону ВМО (Всесвітня метеорологічна організація). Іноді їм дають жіночі, інколи ж чоловічі імена. Це також можуть бути назви тварин або квітів. Зміна у списку відбувається лише в тому випадку, якщо шторм є настільки смертельно небезпечним або руйнівним, що подальше використання його імені для іншого шторму було б недоречним [13].

3. Гідрогенні ризики. Небезпечними гідрологічними (гідрогенними) ризиками прийнято вважати явища, що виникають як результат процесів пов'язаних з водою під дією природніх, антропогенних факторів або їх поєднання.

До надзвичайних ситуацій пов'язаних з гідрологічними одиницями відносять цунамі, лавини та селі, а також екстремальне коливання рівня вод в ґрунті та водоймах.

Повінь – повінню називають значне затоплення територій внаслідок підйому рівня вод в водоймах по причині весняних паводків, льодових заторів, зажорами з шуги в гирлі річки, а також через прорив дамб чи інших гідротехнічних інфраструктурних об'єктів. Повені як явище виникають раптово і можуть тривати від лічених годин до 3-4 тижнів. По кількості збитків та жертв, що вони завдають повені займають очільне місце серед решти стихійних лих.

Повені класифікуються за достатньо великою кількістю властивостей:

- повені викликані сезонними підняттями рівня води в навколишніх річках, що спричинене таненням снігового покриву та льоду;
- паводок – раптовий підйом води, який має нерегулярний характер, наприклад, від проливних дощів або ж від швидкого танення снігу. Паводок, порівняно з повінню може виникнути в будь-яку пору року, а кілька послідовних паводків можуть спричинити повінь;
- зажор – накопичення мас шуги (пустотілі уламки льоду та мокрого снігу) в період льодоставу осінню. Скупчення подібних мас часто створює затори в районі русла річки і викликає зміну рівня води в ній;
- затор льоду – скупчення води в твердому стані в період льодоходу та може викликати нагінні повені – спричиняються інтенсивною активністю вітру, який дме постійно з великою швидкістю в одному напрямку. Трапляються переважно в прибережних районах великих озер, в гирлах річок та поблизу водосховищ.

Існує класифікація повеней за повторюваністю та масштабами, яка наведена в таблиці (табл. 1.3.).

Таблиця 1.3.

Класифікація повеней за повторюваністю та масштабами

<b>Тип повені</b>	<b>Характеристика</b>	<b>Повторюваність, роки</b>
Низькі (малі)	Затоплення пониззя річок, без порушення ритму життя та без значних збитків	5-10
Високі (середні)	Значні порушення ритму життя людей, завдання матеріальних збитків, необхідність евакуації частини населення	10-25

## Продовження табл. 1.3.

Значні (великі)	Завдання значних матеріальних збитків, охоплення великих територій, затоплення 60% с/г угідь, окремих населених пунктів, паралізують ведення господарської діяльності	50-100
Катастрофічні	Кардинально змінюють постійно уклад життя населення та завдають величезних збитків, затоплюють більше ніж 75% с/г угідь	100-200

Цунамі. Сильні землетруси чи виверження вулканів під водою або ж на островах спричиняють величезні хвилі, які можуть рухатись по поверхні океані зі швидкістю понад 800км/год (дод. Б). Ще більшу небезпеку вони становлять по причині того, що зазвичай це серії хвиль з інтервалами близько 1 години [28]. Масштаби цунамі в більшості випадків бувають катастрофічними та визначаються в балах.

Селеві потоки – ще одне небезпечне явище, яке спричиняється весняним таненням льоду в гірських масивах з подальшим раптовим сходом талої води з гори. Процес утворення таких потоків наступний: тала вода утворює своєрідні озера на великих висотах і при переповненні чаші озера вода з великою швидкістю рухається вниз по схилу збираючи на шляху дерева, каміння та наповнюючи потік вимитими гірськими породами [1]. Проте, найчастішими причинами виникнення селів лишаються інтенсивні та сильні зливи, серед допоміжних причин виділяють також промив дамб, землетруси, виверження вулканів. Останнім часом першопричиною цьому стала антропогенна діяльність: вирубування лісів на схилах гір та подальша ґрунтова деградація; піротехнічні роботи по розбиванню гірських порід чи розробці кар'єрів, неправильно організована господарська діяльність поблизу територій з підвищеним ризиком сходження селів [69].

4. Пірогенні ризики. Найчастіше до пірогенних небезпек відносять лісові та степові пожежі. Лісові пожежі є однією з найстрашніших і найнебезпечніших стихій, які доволі часто виникають на території України.

Безумовно, ліси займають не останнє місце у житті людей і виконують свої певні функції. Однією з найголовніших функцій лісу є продукування кисню. Крім того, вагомий вплив лісу чиниться на водний режим, захист ґрунту від водної та вітрової ерозії, селів та зсувів, зниження впливу посухи та суховіїв, стримування руху пісків, перешкоджання руйнуванню берегів річок та озер, осадження частинок пилу з атмосфери, поглинання шумів і що дуже важливо – сприятливий вплив на здоров'я людини. Крім того, ліси є джерелом отримання природних ресурсів, які необхідні для розвитку багатьох галузей народного господарства.

Відповідно до термінології, лісові пожежі – це стихійне, неконтрольоване поширення вогню на лісовкритих площах. Основну небезпеку становить швидкість поширення полум'я, яке тяжко піддається гасінню, особливо при верхових лісових пожежах.

Усі першопричини виникнення лісових пожеж діляться на великі групи: антропогенна діяльність людини та природні фактори [11].

За статистикою, близько дев'яноста відсотків усіх лісових пожеж відбуваються з вини людини. Причин виникнення пожеж, пов'язаних із людською недбалістю дуже багато:

- Куріння. Дуже часто, перебуваючи на природі, люди забувають загасити недопалок сигарети та викидають його там, де їм зручно. Таке недбале ставлення може стати причиною лісової пожежі.
- Незагашені багаття. Нерідко, відпочиваючи на природі люди забувають загасити після себе багаття або по необережності залишають без нагляду вугілля, що тліє.
- Спалювання сміття. Сміття при спалюванні горить дуже повільно, та може спричинити підпал чогось легкозаймистого, на кшталт сухої хвої і тим самим дати початок лісовій пожежі.

- Залишені в лісі скляні пляшки та уламки. Через скло добре проходить та заломлюється світло, внаслідок чого спрацьовує ефект лінзи, що може стати початком серйозної пожежі.

- Умисний підпал. Трапляються і такі випадки, коли люди навмисно підпалюють ліси, будинки чи інше майно.

- ДТП. Спринити масштабні лісові пожежі можуть іскри та вибухонебезпечні речовини в машинах, а також вибух газобалонного обладнання при ДТП.

Природний фактор. Лісові пожежі викликані природою трапляються не так часто, але вони є:

- Сухі грози. Незважаючи на те, що явище це досить рідкісне, воно є серйозною загрозою. Сухі грози являють собою таке метеорологічне явище, яке виникає при високій температурі і супроводжується невеликою кількістю опадів, що випаровуються, не долітаючи до землі. Супроводжується все це громом і потужним електричним розрядом, що потрапляє в дерева, внаслідок чого через відсутність вологи виникає загоряння.

- Блискавка. Лісові пожежі виникають переважно саме по причині удари блискавки в насадження, особливо якщо цьому передують тривалий період посушливої погоди. Досить часто пожежі викликані саме блискавкою мають найбільш катастрофічні наслідки, оскільки місця їх локалізації можуть бути достатньо віддаленими, що робить неможливим гасіння.

- Виверження вулканів. При виверженні лава поширюється на межуючі ділянки та викликає їх займання.

- Самозаймання торфовищ. Може статися в тому випадку, якщо зовнішня температура перевищує 30 градусів і при цьому тривалий час були відсутні опади.

Наслідки спричинені лісовими пожежами умовно можна розділити на екологічні, економічні та соціальні [48]. Серед екологічних найчастіше виділяють наступні:



- Оскільки ліс є умовними «легенями» планети, то його знищення на певну частку знижує об'єми кисню, який він продукував. При цьому погіршується якість повітря в навколишніх населених пунктах.

- Погіршується якість питної води по причині того, що запаси ґрунтових вод після лісових пожеж не поповнюються в достатній кількості. Також після пожеж ґрунт стає менш захищеним відносно різних видів ерозії. Зазнає втрат також біота, яка знаходиться на всіх ярусах.

- Частина території лісу, яка часто піддається пожежам, згодом може стати безплідною або її продуктивність відносно можливості проростання молодого лісу може значно знизитись.

- У районах, де є круті схили, земля під час пожежі розламується на шматки та падає донизу, тому екологічна система не може відновитися самостійно.

- Знищення лісу як ресурсу. Звісно, ліс-кругляк є важливою частиною первинного сектору економіки багатьох країн. Україна входить до їх числа.

- Після пожежі попіл потрапляє до хмар і може випадаючи разом з опадами на поверхню водою утворює плівку, яка заважає потраплянню кисню, що завдає шкоди для іхтіофауни та водної рослинності.

- При горінні виділяється двоокис вуглецю, хоча вплив його на глобальне потепління є доволі суперечливим питанням, проте, викиди його в атмосферу не несуть з собою жодного позитивного моменту. Одним з яскравих прикладів є парниковий ефект, збільшення впливу якого викликає ризик ураганів та інших стихійних явищ з локалізацією яка їм зазвичай не притаманна.

- Лісові пожежі знищуючи великі території лісового покриву разом знищують цілісність екосистем, а також зменшується біологічна різноманітність.

Безумовно, лісові пожежі спричиняють значні економічні втрати. Гасіння лісових пожеж вимагає величезних матеріальних та фізичних витрат.

Використання спеціального транспорту у вигляді пожежних потягів та авіації потребує значних капіталовкладень. Якщо пожежа перекинулася на сільгоспугіддя, то може бути знищений майбутній врожай [24].

Але найстрашнішим наслідком пожеж лишаються людські жертви. Зокрема пожежних та працівник служб з надзвичайних ситуацій. До групи ризику потрапляють також особи, які мають проблеми дихального апарату чи алергію. Для України було розроблено карту концентрації видів та підвидів екологічних небезпек (дод. В).

5. Техногенні небезпеки – стан, властивий технічним системам, транспортним або промисловим об'єктам. Проявляється у вигляді впливу джерела з вражаючим ефектом техногенної небезпечної ситуації на людину та навколишнє середовище при його виникненні або у вигляді непрямой чи прямої шкоди для населення та оточуючого її середовища в процесі нормальної експлуатації об'єктів даного типу [8]. Загальну класифікацію можна представити у вигляді схеми (рис. 1.1.)

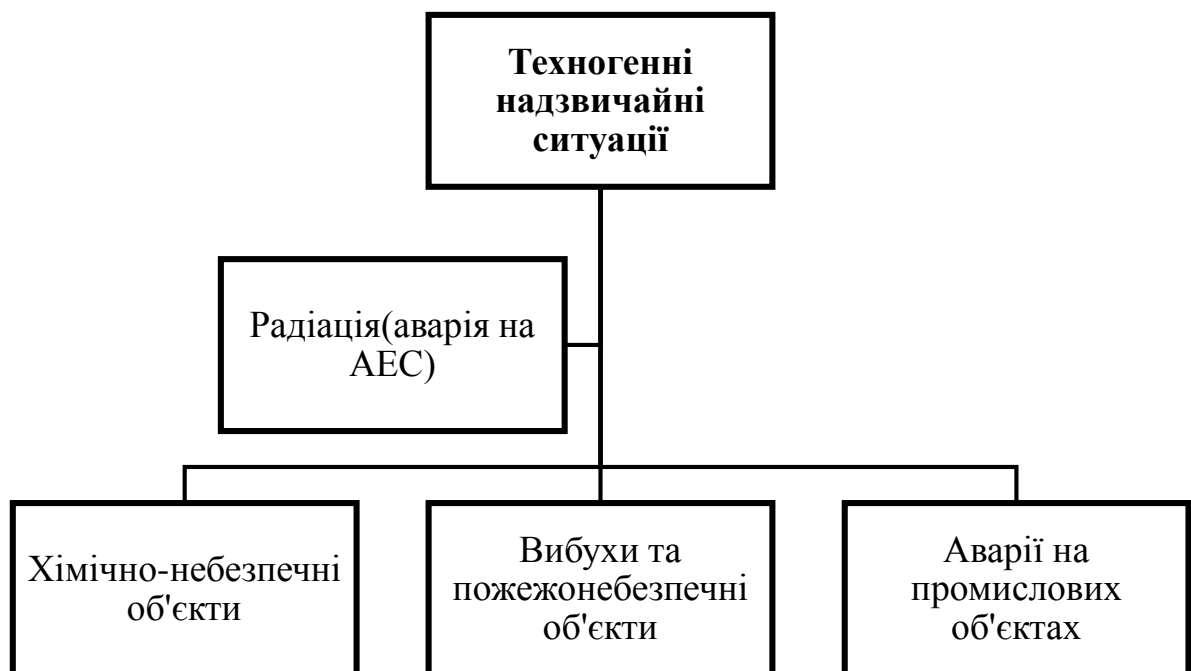


Рис. 1.1. Класифікація техногенних небезпек

Поміж надзвичайних ситуацій техногенного характеру на території України останніми десятиліттями найчастіше траплялись: вибухи, пожежі, аварії за участю транспорту, аварії в комунальних та енергетичних системах, раптове руйнування об'єктів інфраструктури [36].

Проведений аналіз НС пов'язаних з техногенними чинниками дозволив виявити закономірність, яка свідчить про те що причинами їх виникнення є переважно поганий технічний стан промислових об'єктів, застаріла матеріально-технічна база та значний виробіток виробничого фонду. Вагомою причиною виникнення НС техногенного характеру слугує нехтування технікою безпеки при виконанні технологічних процесів на підприємствах [53]. Загальна статистика розподілу за видами свідчить про найбільшу кількість летальних випадків при пожежах та вибухах і аваріях на транспортних засобах (рис. 1.2.).

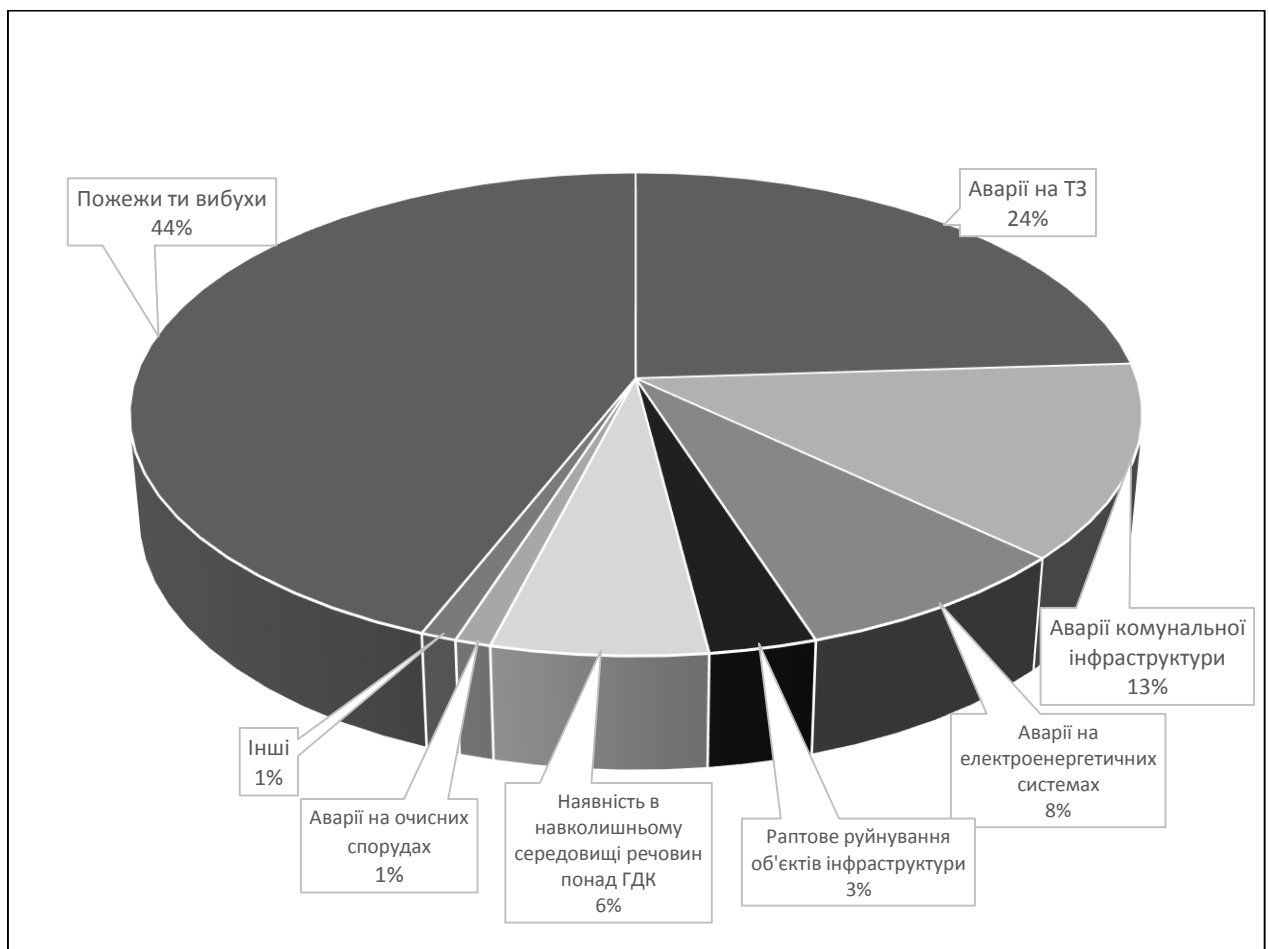


Рис. 1.2. Розподіл техногенних надзвичайних ситуацій згідно видів (2020р.)

Аварії на об'єктах хімічної промисловості, як правило, виникають по експлуатаційним, конструктивним чи виробничим причинам або ж по причині зовнішніх впливів, які спричиняють виведення з ладу технологічних пристроїв, обладнання, супутньої інфраструктури з подальшими викидами або скидами забруднюючих речовин в навколишнє середовище. Аварії на об'єктах з підвищеною хімічною небезпекою ставлять під загрозу масові ураження популяції людей, фауни та флори, а також забруднення території небезпечними хімічними сполуками на великих площах. В Україні нараховується близько 2 тис. об'єктів хімічної промисловості, які утримують та використовують у своєму виробництві понад 350 тис. тон НХР [48] (небезпечних хімічних речовин).

Значна частка аварій відносяться до аварій електроенергетичних систем. Сюди відносять аварії на АЕС, ТЕС, ГЕС, а також аварії в електричних мережах ЛЕП (лінії електропередач). Покращення систем безпеки дозволили спостерігати тенденцію до зниження аварій подібного типу (рис. 1.3.) і в останні роки їх кількість чуттєво знизилась.

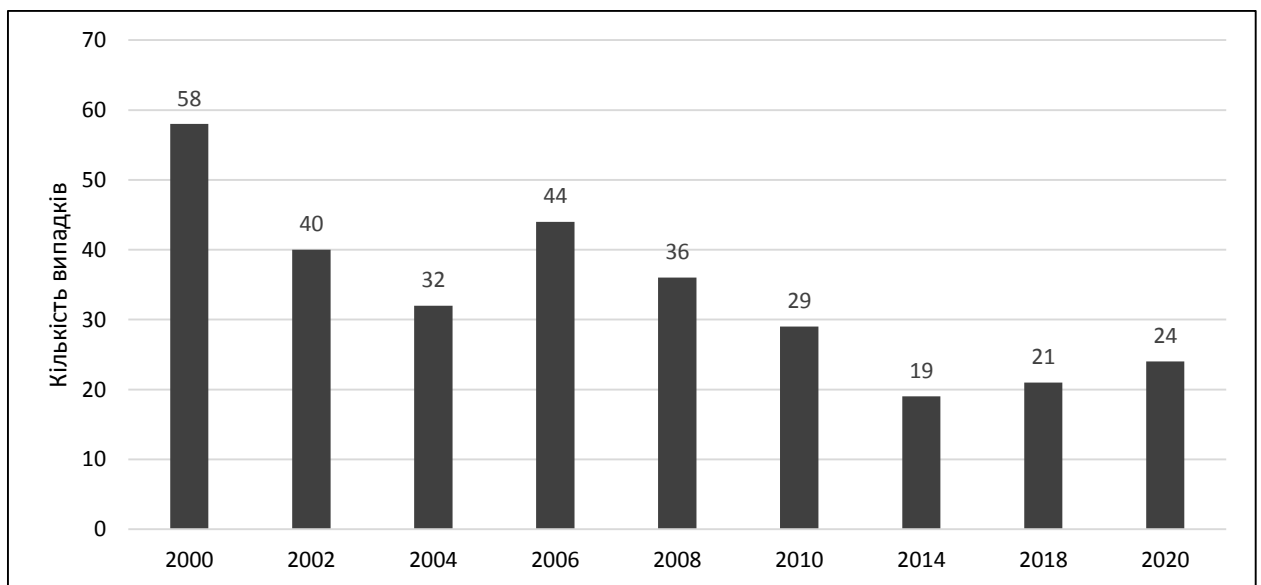


Рис. 1.3. Розподіл кількості надзвичайних ситуацій техногенного характеру пов'язаний з аваріями в електроенергетичних системах

З об'єктами електроенергетичної інфраструктури пов'язують такі різновиди впливу на навколишнє середовище, як деструктивний вплив на геологічне середовище, його руйнування під час видобування органічних паливних ресурсів для ТЕС. При будівництві ГЕС руйнується берегова лінія та екосистема в певному радіусі, також вода в агрегатах вузлів втрачає гідробіонтів. Прокладання ЛЕП вимагає вирубки лісів [51]. Лінії електропередач є також джерелом електромагнітного випромінювання, що має деякий вплив на процеси життєдіяльності людей, фауни та флори. Поблизу високовольтних ЛЕП формуються надзвичайно потужні електричні поля, що можуть спричинити електротравми. Тривале перебування в зоні дії електричного поля може завдати негативних змін для центральної нервової системи людини, ендокринних систем, обмінних процесів.

Об'єкти пов'язані з радіаційною небезпекою та інші технічні системи і вузли мають найвищий ступінь потенційної небезпеки. Існуючий досвід по експлуатації АЕС показав, що правил безпеки дотримувались не завжди, що призвело до глобальної катастрофи в 1986 році, коли велика кількість людей отримала високі дози опромінення (дод. Г). Станом на сьогодні в Україні експлуатують 4 атомні електростанції: Рівненська, Запорізька, Південноукраїнська, Хмельницька. Також на Чорнобильській АЕС після її закриття здійснюють заходи щодо безпечного закінчення експлуатації решти енергоблоків [65]. При експлуатації атомних електростанцій у стержнях утворюються елементи розпаду і ядра атомів плутонію, і при звичайному режимі роботи ці елементи в жодному разі не повинні потрапити в оточуюче нас середовище.

За нормального режиму роботи найбільш проблемним питанням у роботі АЕС лишається питання поховання ядерних радіоактивних відходів. Разом з тим як розвивається ядерна енергетика збільшується також і кількість подібних відходів. По причині відсутності постійних надійних джерел альтернативного джерела енергії економіка України базується саме на атомній

енергетиці. Окремі питання радіологічної безпеки при захороненні та переробці ядерних відходів в Україну потребують перегляду та змін.

Територія України пронизана трубопроводами, призначення яких є різним: транспортування води, пари, стисненого повітря, газів, рідин. В залежності від речовини, яка транспортується, трубопровід фарбується у відповідний колір. Всього існує 10 груп речовин (дод. Д). Безпечна експлуатація також передбачає заземлення та встановлення компенсаційних елементів [20]. Особливо небезпечними є трубопроводи з природнім газом, який не має запаху і при цьому доволі широко використовується в побуті та промисловості, через що до нього додають одоранти – речовини з різким сильним запахом.

### **1.3. Підходи та методи дослідження геоecологічних ризиків регіону**

Розглянутий нами регіон Волинського Полісся являє собою фізико-географічну область, що лежить поміж річок Случ та Західний Буг. Територіально розташовується на більшій частині Волинської та частині Рівненської областей (дод. Е).

При оцінці геоecологічних ризиків регіону наукова достовірність оцінки стосовно кожного моменту часу є відносною. Всі процедури оцінки вимагають систематичного коригування з урахуванням всіх сучасних досягнень фундаментальних дисциплін, які поглиблюють та доповнюють наявну неповну і нерідко різнорідну інформацію. Станом на сьогодні і, мабуть, на найближче майбутнє, подібна оцінка ризиків є єдиним аналітичним інструментом, що дозволяє науково визначити фактори ризику для здоров'я людини та навколишнього середовища та їх співвідношення.

Оцінка геоecологічних ризиків та їх попередження чи контроль за тим як вони відбуваються – два аспекти одного процесу прийняття рішень, базованих на характері ризиків. Відмінність між цими двома поняттями полягає в науковому аналізі самих джерел ризиків – забруднюючої речовини,

характеру та інтенсивності прояву стихійних явищ, особливостей екологічної обстановки в регіоні на даний момент та механізмів взаємодії між ними. Тоді як можливість контролю за процесом прояву геоecологічних ризиків перш за все базується на технічно-економічному аналізі, тобто доцільності його як такого [52].

Оцінка ризиків пов'язаних з загрозою для здоров'я людини спричиненою забрудненням навколишнього середовища повинна охоплювати оцінку вірогідності попадання небезпечних речовин в атмосферу, гідрологічні об'єкти, ґрунт, а також визначення шансу захворюваності населення. На території Волинського Полісся розташовується близько 32 хімічно-небезпечних об'єктів в тому числі Вараська атомна електростанція. Основну частку потенційно небезпечних підприємств становлять ті, які мають у власності та експлуатують очисні споруди, холодильні установки. Окрім цього в даній природно-територіальній зоні розташовуються склади на яких зберігається хлор, аміак та інші небезпечні речовини.

Одна з класифікацій геоecологічних ризиків була розроблена на основі системного підходу (табл. 1.4.) [22]. В її основу було покладено два принципи:

- поняття «ризик» відноситься до об'єкту який чинить вплив;
- об'єкти впливу розподілені згідно місця в структурі ієрархічної схеми екосистеми.

екосистеми.

Таблиця 1.4.

#### Екологічні ризики і об'єкти ризиків

Найменування ризику	Об'єкт ризику	Особливості розвитку
Екосистемний	Екологічна система	Ризик часткової чи повної втрати функціональності екологічної системи

Груповий	Сукупність живих організмів	Ризик захворювання чи смерті сукупності живих організмів – популяції тварин чи рослин, людського соціуму (територіального, професійного, родинного тощо)
Індивідуальний	Живий організм	Ризик захворювання чи смерті людини, тварини, рослини
Природний абіотичний	Природна складова екосистеми	Ризик часткової чи повної втрати функціональності будь-якої природної складової екосистеми, крім організму та популяції (чи соціуму)
Господарський	Штучна абіотична складова екосистеми	Ризик часткової чи повної втрати функціональності підприємства, споруди, механізму, транспортного засобу тощо

Класифікація має відмінності від вже існуючої. Насамперед, це поняття «індивідуального» та «групового» ризиків, які стосуються усього живого, а не лише населення. А також ризики пов'язані зі штучними об'єктами названо «господарськими», це робить можливим використання традиційного визначення «техногенний», у випадку коли ці споруди виступають в якості суб'єктів ризику.

Для розрахунку параметрів геоекологічних ризиків застосовують два типи даних: статистичні дані, які дозволяють оцінити об'єктивну ймовірність небезпеки та потенційної шкоди; експертні оцінки, що характеризують суб'єктивну ймовірність. Кількісно ризик оцінюється або характеристикою імовірності – безрозмірною величиною, яка має шкалу від 0 до 1 (іноді у відсотках), або інтенсивністю прояву – числом випадків можливої актуалізації небезпеки протягом певного відрізка часу, наприклад, за календарний рік (тоді одиниці виміру будуть 1/ рік чи чол/рік) [31].



Існує кілька рівнів оцінки ризику:

- оцінка ймовірності несприятливої події (явища) без подальшого аналізу та оцінки збитків (первинна оцінка, яка визначає потенційну шкоду від небезпечної події в майбутньому без її конкретної оцінки);

- оцінка ймовірності шкоди з визначенням як ймовірності небезпечної події, так і потенційно завданої шкоди (враховується шанс події та ступінь її небезпеки). Важливо, щоб обрахунок можливих збитків включав всі можливі наслідки явищ викликаних антропогенною або ж природною діяльністю. Повний обрахунок завданої шкоди повинен включати різні види збитків – соціального, екологічного, економічного, морального та іншого характерів;

- оцінка ймовірності збитків за кінцевим результатом, коли окремо не обраховуються ні ймовірність прояву явищ, аварій і тд., ні збитки, які були завдані кожною подією. Подібний характер має індивідуальний ризик, зумовлений ймовірністю реалізації потенційних небезпек у разі виникнення небезпечної події.

Методи оцінки ризиків представлені досить широким набором алгоритмів оцінки, які умовно можна розділити на основні – ті, що використовуються найчастіше, та допоміжні – використовуються при оцінці ризиків в нестандартних умовах [63]. Серед основних можна виділити:

1. метод аналогій – базується на застосуванні профільної ретроспективної інформації;

2. статистичний метод – заснований на обліку та аналізі наявної статистичної інформації;

3. експертний метод – полягає у збиранні та узагальненні праць профільних фахівців, які мають достатню компетенцію у відповідній сфері діяльності;

4. моделювання ситуації – високо інформативний інструмент апробації проблемної ситуації при умові зовнішніх впливів.

Методи оцінки геоекологічних ризиків та відповідні їм методи моделювання можна класифікувати, по-перше, залежно від застосування

ймовірнісних розподілів на методи, що враховують та не враховують характер розподілу виникнення явищ природного/антропогенного характеру; по-друге, залежно від процедури, яка використовується для аналітичних досліджень на шансові та вибіркові методи; по-третє, залежно від методів пошуку інформації на аналітичні та імітаційні методи [4].

До основних напрямів аналітичних досліджень у рамках процедури оцінки ризиків належать:

- кількісне визначення (обрахунок) ризиків з формуванням спеціалізованих баз даних стосовно виходу з ладу об'єктів техносфери та аварійних ситуацій;
- розрахунки параметрів надійності технологічних систем;
- математичне моделювання аварійних ситуацій у технологічній сфері;
- вивчення особливостей сприйняття ризику людьми.

## РОЗДІЛ 2

### ПРОСТОРОВИЙ АНАЛІЗ ТА ОЦІНКА ГЕОЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ЗАСОБАМИ ДЗЗ ЛАНДШАФТІВ ВОЛИНСЬКОГО ПОЛІССЯ

#### 2.1. Просторовий аналіз геоecологічної ситуації Волинського Полісся

Територія Волинського Полісся розташована на північному заході України. В територіально-адміністративному плані північ фізико-географічної зони межує з Брестською областю Республіки Білорусь, зі сторони сходу – із Рівненською областю, на півдні – з південними межами Волинської та Рівненської областей, та на заході – Замостське та Холмське воєводства Республіки Польща. В межах фізико-географічної зони виділяють наступні райони: Верхньоприп'ятський; Льва-горинський; Нижньостирський; Любомльсько-ковельський; Маневицько-володимирецький; Колківсько-сарненський; Турійсько-рожищенський; Ківерцівсько-цуманський; Костопільсько-березнівський, Шацький (дод. Ж) [44]. Їх загальна площа, за оцінками В. О. Мартинюка становить 27 240 км<sup>2</sup>, майже ¼ від загальної площі Українського Полісся [44].

Найбільших антропогенних трансформацій зазнали ландшафти лістотепової частини на півдні Волинської області. Серед фізико-географічних особливостей ландшафтів можна виділити: присутність крейдових порід, рівнинність території, часті льодовикові форми рельєфу, активні карстові процеси, високо розташований рівень ґрунтових вод, густа річкова мережа, перезволоженість та заболоченість територій, інтенсивний розвиток долинних ландшафтів.

Тривалий час територія Волинського Полісся змінювалась під дією антропогенних чинників. Масштабні перетворення первинних ландшафтів взяли початок в 60-х рр. минулого століття, разом з активною фазою розвитку промисловості та транспортних мереж, чому слідувала програма меліорації з

метою подальшого господарського освоєння. Вирубвання лісових насаджень та створення нових, штучних, значно вплинуло на цілісність екосистем та їх флористичний і фауністичний склад.

Аналіз потенційних геоекологічних ризиків, що можуть проявлятися на території фізико-географічної зони виявив, що специфічність окремих районів та строкатість їх літологічних основ є сприятливим для прояву таких екзогенних процесів як карст, заболочування, лінійна, бокова та площинна ерозія, розвіювання пісків (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Поширення екзогенних геологічних процесів на території Волинського Полісся (станом на 01.01.2020 р.)

№	Вид ЕГП	Площа поширення, км <sup>2</sup>	Кількість проявів, шт.	Ураженість, %
1	Карст (відклади, що здатні до карстування)	20 200 км <sup>2</sup>	2055*	99,1
2	Підтоплення	15 600 км <sup>2</sup>	68**	76,5
3	Лесові ґрунти, що здатні до просідання (І типу)	2 920 км <sup>2</sup>	-	13,8
4	Бічна ерозія	1,99 км	17	-
5	Осідання на гірничими виробками	26,2 км <sup>2</sup>	-	-

\*Поверхневий карстопрояв; \*\*населений пункт

Аналіз метеорологічних показників визначив кількість та інтенсивність проявів несприятливих погодних явищ на території Волинського Полісся в 2020 році, загалом протягом року було зафіксовано 97 випадків НЯ (несприятливих явищ), 4 – СГЯ (стихійні метеорологічні явища), 6 – РЗП (різкі зміни погоди), з них:

- 8 сильний дощ (НЯ);
- 7 сильний сніг (НЯ);
- 12 сильного вітру (НЯ);
- 3 шквали (НЯ);
- 49 гроз (НЯ);
- 2 гради (НЯ);
- 14 туманів (НЯ);
- 2 заморозки (НЯ);
- 4 заморозки (СГЯ);
- 6 РЗП.

Серед геоекологічних ризиків техногенного походження доволі відчутним в плані негативного впливу на довкілля на території Волинського Полісся є діяльність промислових підприємств. Діяльність більшості виробничих процесів лишає за собою велику кількість відходів, що повертаються в навколишнє середовище та забруднює літосферу у вигляді териконів, відвалів, кар'єрів, захоронень твердих відходів; гідросферу – забруднення поверхневих вод стоками; атмосфери – викиди шкідливих речовин. Серед основних забруднювачів повітря підприємства харчової та целюлозно-паперової промисловості, сільське та лісове господарства [5].

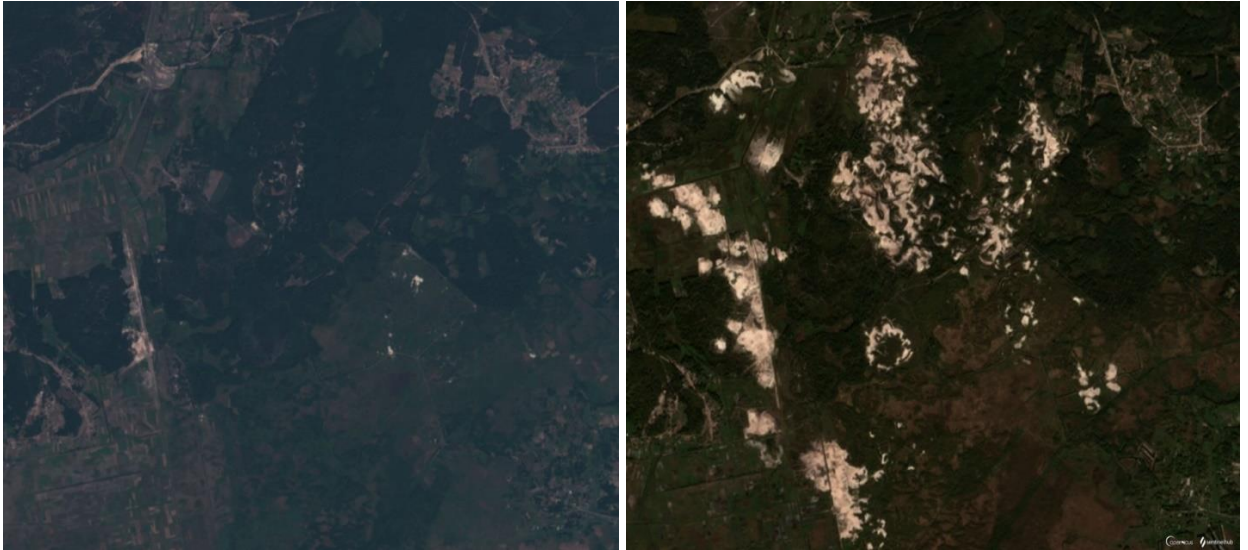
## **2.2. Оцінка геоекологічних ризиків природного походження**

### **2.2.1. Геолого-геоморфогенні ризики**

Фізико-географічний район Волинського Полісся в силу своєї геологічної будови та рельєфу мало схильний в силу схильний до негативних проявів ендегенних та екзогенних процесів природного походження. Проте, з причин неконтрольованої антропогенної діяльності людини найбільший прояв серед геолого-геоморфологічних ризиків мають карстові (дод. К), суфозійні, еолові, денудаційні, акумулятивні тощо процеси.

Неконтрольована антропогенна діяльність в межах фізико-географічної області має найбільший прояв у результаті незаконного видобутку бурштину екстенсивними методами, що призводить до порушення цілісності екосистем. Поклади бурштину на цій території сформувались ще у верхньому палеогені, коли вода приносила смоли хвойних дерев до прибережних частин суходолу [34]. Найбільші поклади бурштину в Україні відомі як на території Волинського так і Житомирського Полісся, але оскільки найменшу глибину залягання він має саме на території Рівненського Полісся, то кустарні методи його видобутку набули тут найбільшого поширення. Вся північна частина області в широтному напрямку була задіяна в нелегальному видобутку

(дод. Л). За допомогою сервісу *EO Browser* та аналізу космознімків з супутника *Sentinel-2/L1C* ми відслідкували масштаби незаконного видобутку та оцінили площі трансформованих ландшафтів поблизу селища Кухітська Воля Вараського району (рис. 2.1.-2.2.).

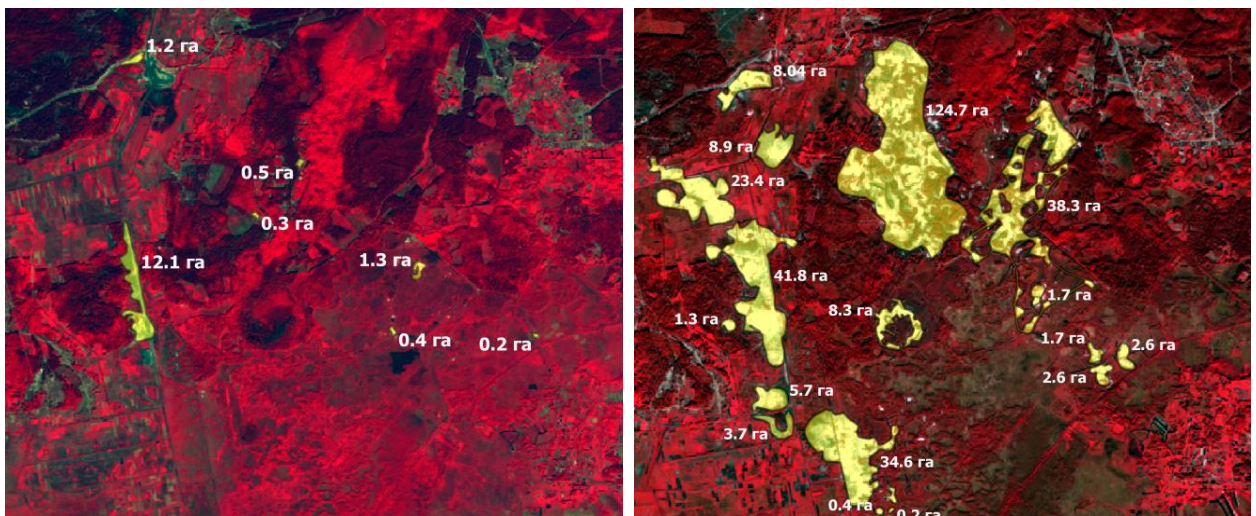


а) від 08.08.2015 р.;

б) від 10.09.2021 р.

Рис. 2.1. Динаміка винищення земельних, лісових ресурсів та ландшафтів (ключова ділянка «Кухітська Воля»)

За допомогою синтезованого зображення в невидимому інфрачервоному спектрі каналів (B08 B04 B03) та програмного забезпечення QGIS ми обрахували зміну площ, яка була зайнята нелегальним видобутком за період з 2015 по 2021 рр.



а) 08.08.2015р. (16 га)

б) 10.09.2021р. (321,5 га)

Рис. 2.2. Сумарна площа зайнята нелегальним видобутком бурштину (ключова ділянка «Кухітська Воля»)

За результатами наших досліджень було виявлено зростання площі незаконного видобутку бурштину з 2015р. по 2021р. на ключовій ділянці «Кухітська Воля» у 20 разів. Нелегальний видобуток бурштину несе за собою цілу низку екологічних проблем. Методи, якими користуються при видобутку «старателі» є згубними для лісових насаджень та пересічних територій, оскільки це переважно гідравлічні та механічні способи нелегального видобутку. В трансформованих ландшафтах деградують ґрунти та підстилаючі їх материнські породи. При відкритому видобутку за допомогою забору та подачі під тиском води з межуючих поруч водойм порушується гідрологічний режим підземних вод, що в подальшому може грожити обмілінням або осушенням невеликих за розміром водойм та водотоків. Крім прямої шкоди завданої екосистемам боліт, лісів та суходолів підпільне видобування унеможлиблює подальшу організацію легальних способів добування бурштину, оскільки повністю в процесі знищуються верхні бурштиноносні горизонти (до 3-8 метрів) [49].

Аналіз матеріалів Держлісагенства [57] щодо порушення земель Дубровицького лісового господарства по причині незаконного видобутку бурштину дав змогу встановити провести розрахункові операції, виділити орієнтовні площі, що були трансформовані та дозволив встановити відсоток порушених площ лісових насаджень відносно загальної (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Площа порушених лісових земель та її відсоткове співвідношення

Назва лісництва	Загальна площа кварталів, га	Орієнтовна площа, яка була порушена, га	Частка від загальної площі, %
Перебродівське	1148	137,7	12
Лісівське	401	83,1	21
Будимлянське	1790	725,5	41
Літвицьке	446	201,7	45
Бережницьке	470	70,7	15

Продовження табл 2.2

Трипутнянське	248	17,4	7
Дубровицьке	2133	837,1	39
Озерське	563	178,7	32
Черменське	850	251,7	30
Всього	8049	2503,6	-

Зробивши аналіз сукупності всіх видів антропогенного навантаження на ландшафтні системи лісу, з'ясували, що більша частина території Волинського Полісся має характерні риси антропогенної трансформованості. Особливо яскраво це проявляється у Сарненському районі, де були сформовані потужні осередки з катастрофічною екологічною обстановкою по причині незаконного видобутку бурштину. Серед головних причин подібних негативних змін можна виділити як і відсутність системи та освіти раціонального природокористування так і байдужість до критичних параметрів навантажень на ландшафтні системи. Ще однією з причин є недостатньо врегульоване законодавство, яке дозволяло б прозоро проводити видобуток каміння та криміногенна обстановка в органах, які регулюють подібну діяльність на території Полісся.

### **2.2.2. Кліматогенні ризики**

Зміни клімату, які останнім часом все частіше піднімають на широкий загал та мають доволі багато суперечливих моментів щодо їх причин. Разом з супутніми проблемами, які несуть за собою глобальні зміни клімату слідує і проблеми трансформацій ландшафтів внаслідок проявів кліматогенних ризиків. Для фізико-географічної зони Волинського Полісся ці ризики перш за все можуть спричинити такі негативні явища як осушення заболочених територій, зміна площі водойм, озера в свою чергу будуть трансформуватись в болота.



З початку 2000 року на території Волинського Полісся спостерігається активна тенденція до зміни клімату. Для проведення аналізу основних кліматичних показників нами було обрано дві гідрометеорологічні станції міст Ковель та Сарни [32]. Аналіз показав, що кліматичні зміни перш за все проявляються в збільшенні на 1,2 С° відносно норми середньорічної температури за період 2000-2020 років (рис. 2.3.).

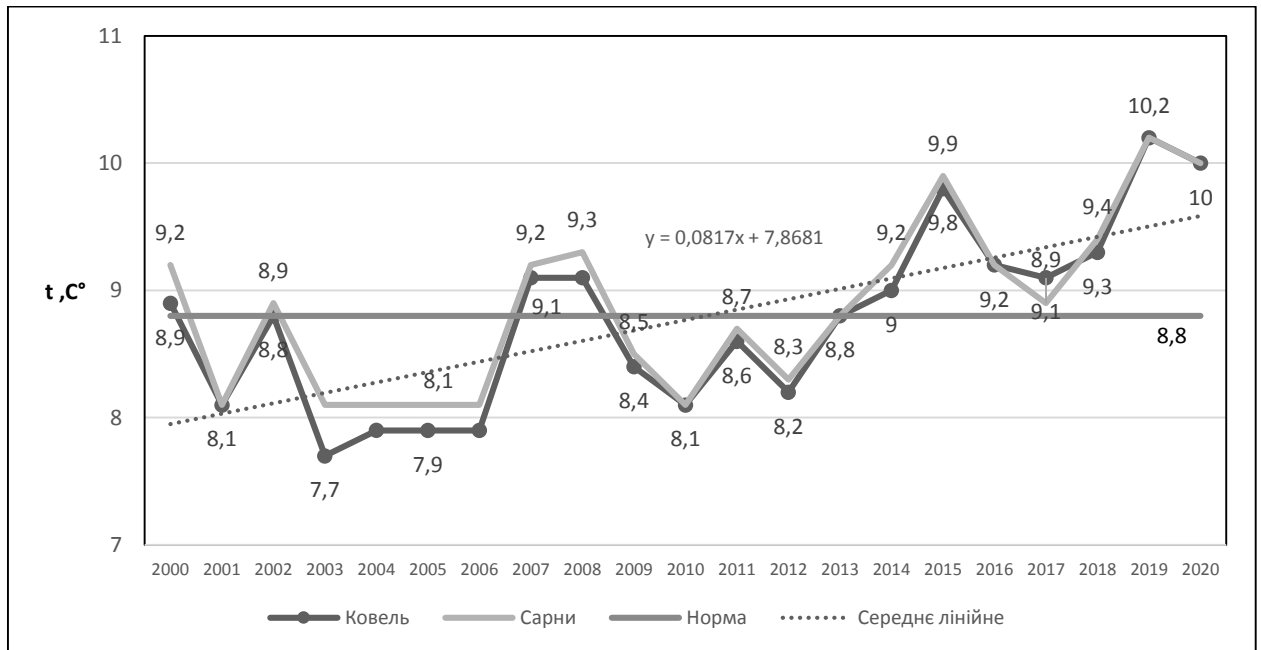


Рис. 2.3. Динаміка зміни річної температури повітря на території Волинського Полісся

Відповідно також і збільшились абсолютні максимуми, особливо це проявляється взимку, це свідчить про те, що клімат втрачає свій суто континентальний характер. Дане явище має місце не лише низько над земною поверхнею, а й у нижніх шарах тропосфери та супроводжується збільшенням вмісту вологи в атмосфері (рис. 2.4.). Зміни в термічному режимі мають наслідки у вигляді зміни режиму зволоження. Протягом двох останніх десятиліть сума опадів за рік в зоні Волинського Полісся несуттєво, але збільшилась (близько 5%). Але разом зі збільшенням відбувся перерозподіл значень місячної суми опадів по місяцям та сезонам: в зимній сезон опадів стало менше, в решту сезонів кількість виросла (найбільше восени).

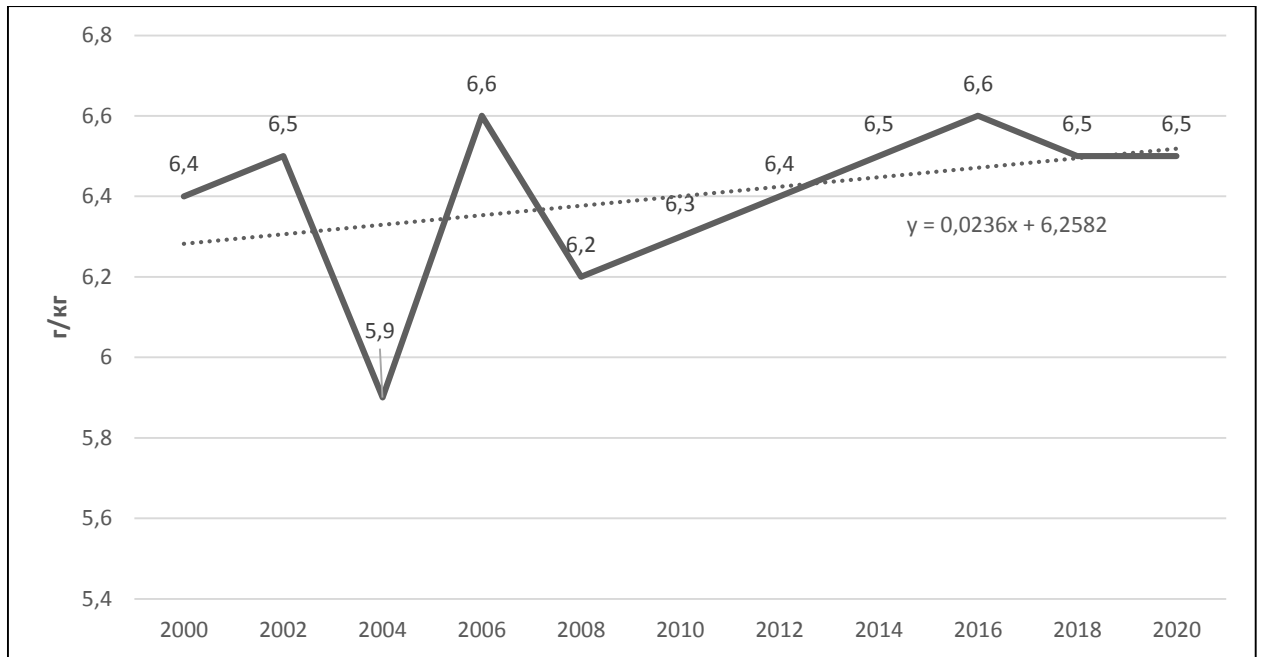


Рис. 2.4. Зміна масової частки водяної пари на 850 гПа (T-850)

Нами було визначено, що приблизно 72% опадів на даній території припадає на теплі сезони, майже третина з них випадає у вигляді злив та затяжних дощів. Причому на сході та заході досліджуваної нами фізико-географічної зони ситуація з характером опадів дещо відрізняється. Так на заході кількість опадів затяжного характеру в загальнорічну частку дещо збільшилась та становить на даний момент близько 8%/10 років. На сході району даний показник лишається незмінним – 5%/10р. з повільною тенденцією до зниження. Річна середня кількість опадів – 580-620 мм (рис. 2.5.).

В холодний період інтенсивність сильних снігопадів та повторюваність ожеледиць та інших несприятливих умов збільшується. В свою чергу зменшується період з налипанням мокрого снігу та його тривалість. Прояв змін клімату, який має різний характер на території регіону спричинений в першу чергу змінами атмосферної циркуляції повітря та посиленням метеорологічних процесів у меридіональному напрямку. Має свій вплив також і посилення антициклогенезу на сході фізико-географічної зони Волинського Полісся [45].

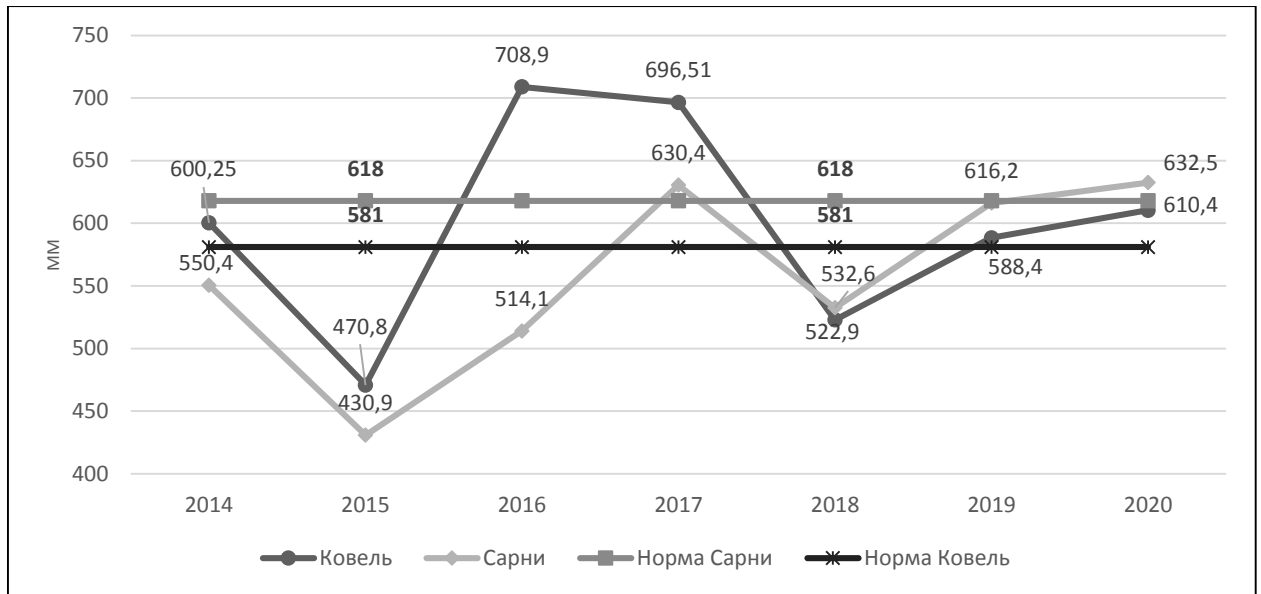


Рис. 2.5. Середньорічна кількість опадів та їх норма на ГМС міст Ковель та Сарни за період 2014-2020рр.

Підвищення середньорічної температури та вмісту вологи в атмосфері зумовлює інтенсивність росту конвективних процесів, внаслідок чого знижується рівень конденсації та збільшується індекс нестійкості атмосфери, як наслідок – підвищення частоти прояву НЯ, СГЯ, РЗП. Наслідок цих змін може стати збільшення тривалості так званого періоду «вільного» русла, коли лід сходить з річок значно раніше і тим самим дає початок процесу активного насичення киснем вод річок та озер. Передчасне насичення киснем провокує швидке зростання водної рослинності, ранній нерест риби, активний розвиток планктону [23]. За допомогою сервісу *EO Browser* та космічних знімків зі супутника *Sentinel 8-9/2* ми визначали нормалізовані вегетаційні індекси – NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) під час вегетаційного періоду на ключовій ділянці «Озеро Нобель», за допомогою яких ми отримуємо кількісні показники активної фотосинтетичної біомаси (рис. 2.6.) [37]. Даний індекс може мати значення від -1 до 1. Під час вегетаційного періоду озерна рослинність матиме значення індексу в середньому від 0,3 до 0,8. Ми розраховували показник NDVI за формулою:  $NDVI = \frac{B_{NIR} - B_R}{B_{NIR} + B_R}$ ; де  $B_{NIR}$  – область, що відбивається в інфрачервоному спектрі;  $B_R$  – червона область видимого спектру.

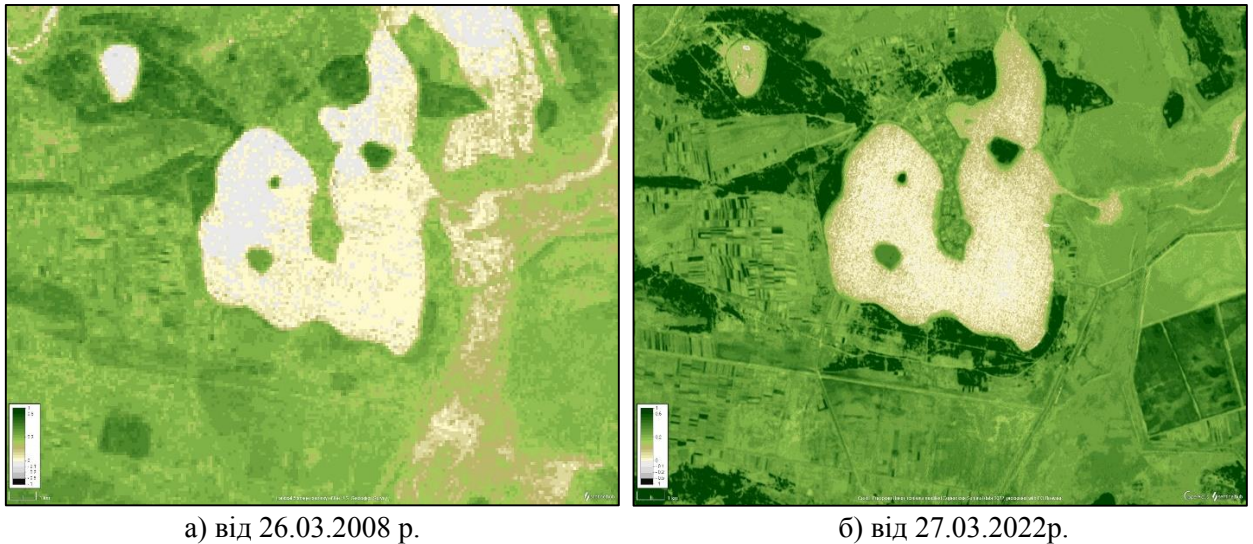


Рис. 2.6. Показники індексу NDVI під час вегетаційного періоду для ключової ділянки «Озеро Нобель»

Ситуація, пов'язана з можливістю проявів геокліматичних ризиків потребує заходів щодо адаптації до змін клімату перш за все в лісових господарствах та в цілому в сільськогосподарській промисловості. Серед видів ризиків найбільші шанси негативного прояву мають: пожежі, зокрема горіння торф'яників; періоди засухи, якщо збережеться тенденція до зміни режиму випадіння опадів. Відповідно, необхідно розробити план заходів щодо збереження вразливих екосистем, посилення протипожежної безпеки.

### 2.2.3. Гідрогенні ризики

Фізико-географічна зона Волинського Полісся знаходиться в зоні з підвищеним ризиком виникнення паводків, повеней та інших стихійних явищ пов'язаних з змінами звичного гідрологічного режиму річок (дод. М). Всі річки, які протікають по території району характеризуються широкими долинами, повільними течіями та меандрованими руслами. Режим живлення у річок переважно мішаний. Список найбільших річок невеликий, проте на кожній з річок лежать села та селища міського типу, і прояв гідрологічних ризиків досить часто завдає шкоди для сільського господарства та для приватних помешкань (табл. 2.3.).

Таблиця 2.3.

Найбільші річки фізико-географічної області Волинського Полісся

Річка	Площа басейну, км <sup>2</sup>	Протяжність, км (по території України)
Стир	13 100	445
Случ	13 800	451
Прип'ять	121 000	261
Горинь	22 700	579
Стохід	3 125	188

Для відображення можливостей засобів дистанційного зондування землі при оцінці можливих масштабів прояву негативних гідрогенних ризиків ми візьмемо ситуацію з весняним водопіллям на річці Случ поблизу села Богуші Березнівської територіальної громади, яка в свою чергу лежить в межах досліджуваної нами фізико-географічної зони Волинського Полісся. Насамперед ми розглянули супутникові знімки з супутника *Landsat-8* (рис. 2.7.).

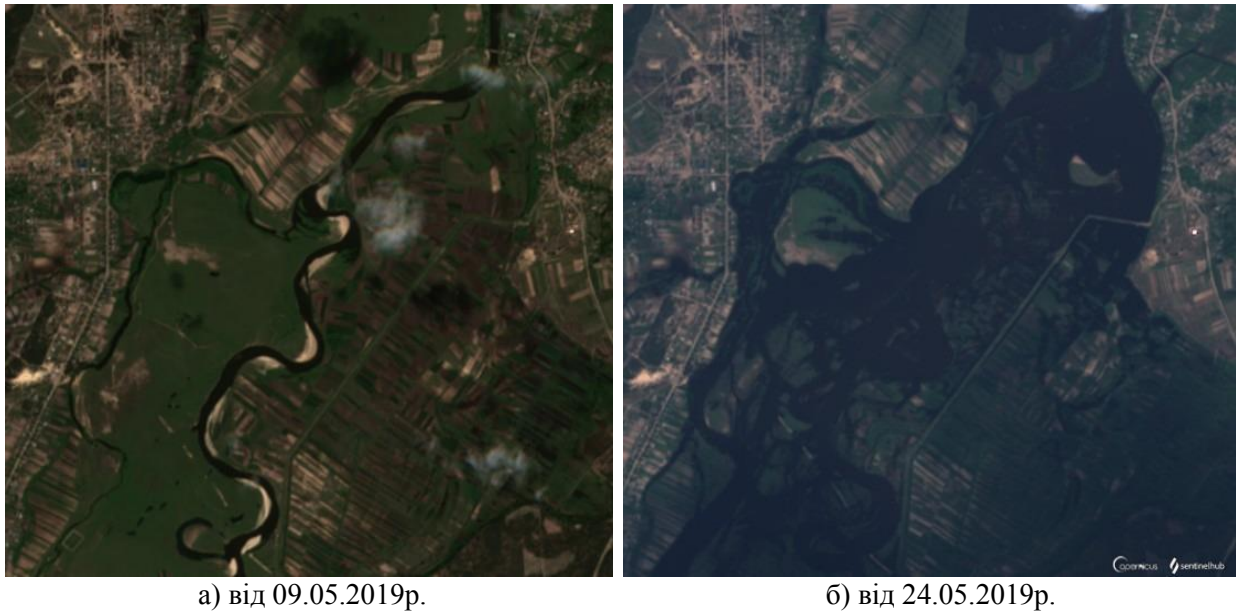


Рис. 2.7. Розливання річки Случ під час весняного водопілля поблизу с. Богуші

За допомогою програмного забезпечення QGIS виокремимо окремим векторним шаром підтоплені території під час максимального розливу річки (рис. 2.8.) і спроектуємо їх на місцевість при звичному режиму річки.

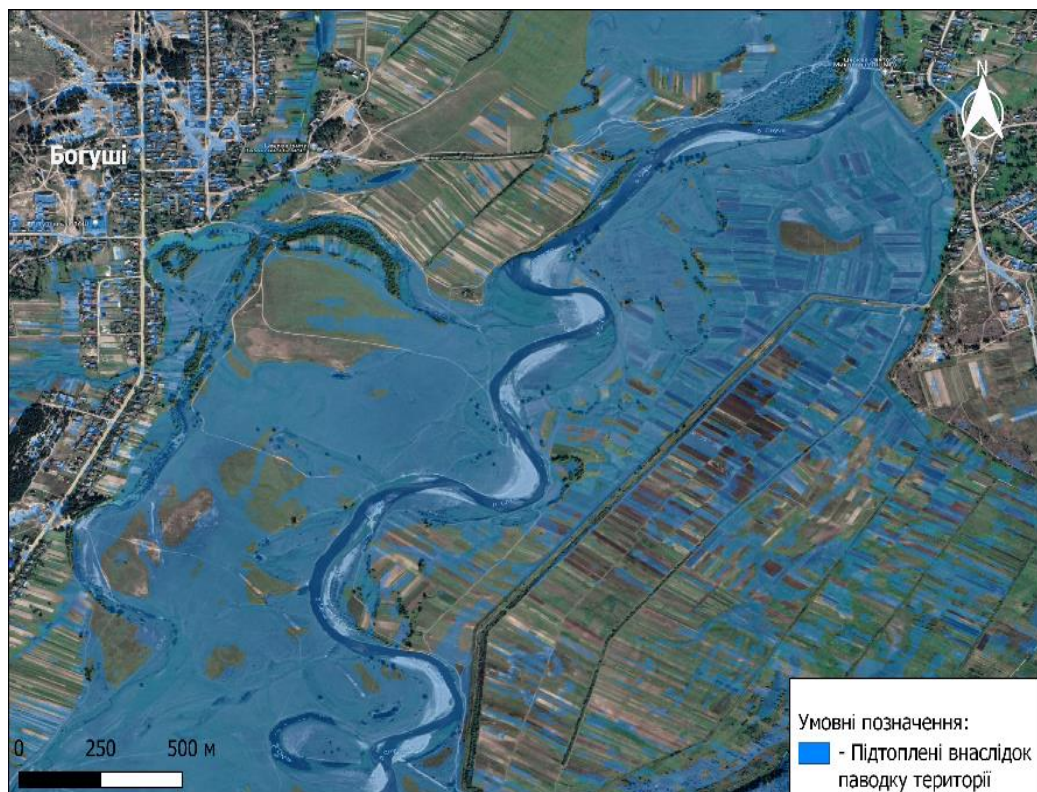


Рис. 2.8. Масштаби паводку відображені у вигляді векторного шару

Також за допомогою програми SAGA, яка призначена для автоматизованого географічного аналізу та редагування просторових даних ми обчислили водозбірну площу для умовного створу на р. Стир поблизу с. Богуші (рис. 2.9). Принцип побудови моделі водозбірної площі полягає в аналізі SRTM-профілю за висотою ізогіпсів та використання інструменту «upslope area» для моделювання руху водних потоків.

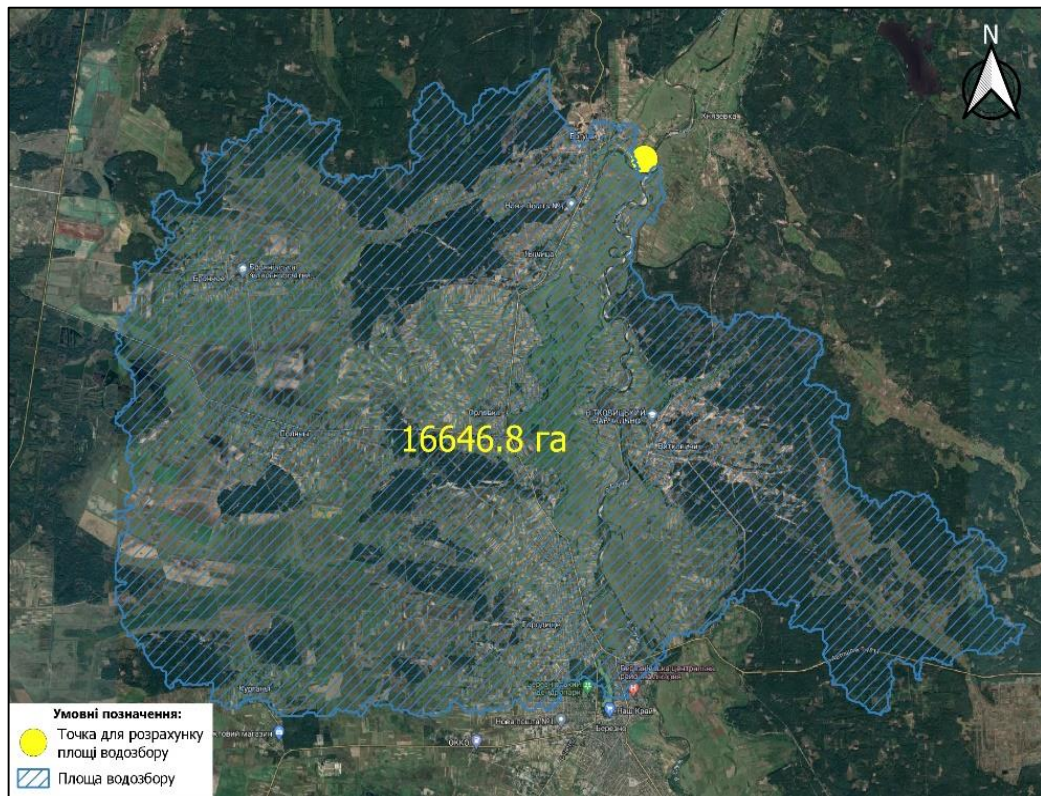


Рис. 2.9. Територія басейну р. Случ (ключова ділянка «Богуші»), що перебуває у зоні повенево-паводкових ризиків

Так як річка Случ відноситься до рівнинних річок, то для неї характерними є високі весняні паводки. В даній ситуації прогнози щодо максимального підняття рівня води понад норму є можливими, також є можливим забезпечення превентивних заходів щодо попередження підтоплення важливих інфраструктурних об'єктів, але відсутність технічної інфраструктури в тому числі дамб, мостів робить вразливими до негативних наслідків житлову забудову, об'єкти природокористування та сільського господарства. При затопленні сільгосп угідь разом з насінням культур у воду потрапляють шкідливі речовини, які містять у собі гербіциди, пестициди тощо.

Моделювання побідних ситуацій також буде доречним при розгляді питань біологічної та хімічної безпеки, оскільки в затоплюваних об'єктах інфраструктури можуть знаходитись складські приміщення з отрутохімікатами, паливно-мастильними матеріалами [43]. Небезпеки гідрологічного характеру спричиняються переважно природніми факторами, але їх постійний моніторинг та аналіз може виявити доцільність використання певних способів боротьби з ними при критичній потребі.

#### **2.2.4. Пірогенні ризики**

Як нами було зазначено кліматогенні ризики на території Волинського Полісся проявляються в небезпеках пірогенного характеру по причині можливості затяжних посушливих періодів. Пірогенна динаміка пов'язана з періодичним частковим або повним вигоранням частини лісу або відкритих ділянок по природнім причинам (загоряння внаслідок удару блискавки) або ж в результаті антропогенної діяльності, і наступним формуванням нового покоління біоценозів на даній території.

В межах Волинського Полісся переважно зустрічаються лісові насадження в більшості з хвойних порід, частково широколистяних, а також відкриті ділянки з болотною рослинністю. Для хвойних порід спалені ділянки лісу представляють собою сприятливі умови для відновлення та розвитку молодого лісу. Дорослі хвойні здатні пережити доволі сильні низові пожежі. Насіння хвойних та широколистяних дерев є відносно тяжким для їх переносу на великі відстані, тому випалені ділянки можуть займати інші дерева, насіння яких є більш легким та податливим до переносу вітром, наприклад береза або осика [21]. Для відкритих ділянок особливо з степовою рослинністю та ґрунтами наслідки низових пожеж можуть привести до кардинальних змін. В таких випадках є можливою навіть повна зміна ландшафтів з лісового на степовий, або степового на напівпустельний.



Пожежі на відкритих ділянках на території зони представлені переважно горінням торф'яних боліт та сухої трави. Тривалість таких пожеж може коливатись від декількох місяців до декількох років. Подібні пожежі ще й мають діаметрально протилежний характер горіння звичайним, вони не горять з видимим вогнем, а повільно тліють з великими об'ємами диму, який виділяється [12]. Цікаво, але такі пожежі не припиняються навіть взимку по причині того, що осередок пожежі може знаходитись на глибині.

Супутникові знімки *Landsat-2* дають змогу відстежити масштаби поширення пожежі в межах сіл Залаззя та Любешівська Воля Камінь-Каширського району фізико-географічної зони Волинського Полісся (дод. Н). Для визначення меж пожежі необхідно визначити нормалізований індекс вигорання (NBR – Normalized Burn Ratio) за допомогою програми QGIS. Першочергово в калькуляторі реєстрів обраховуємо різницю між нормалізованими вегетаційними індексами (NDVI) до пожежі (09.09.2015р.) та після пожежі (25.09.2015р.) – dNBR та класифікуємо отримані результати по кольорам згідно значень (рис. 2.10.).

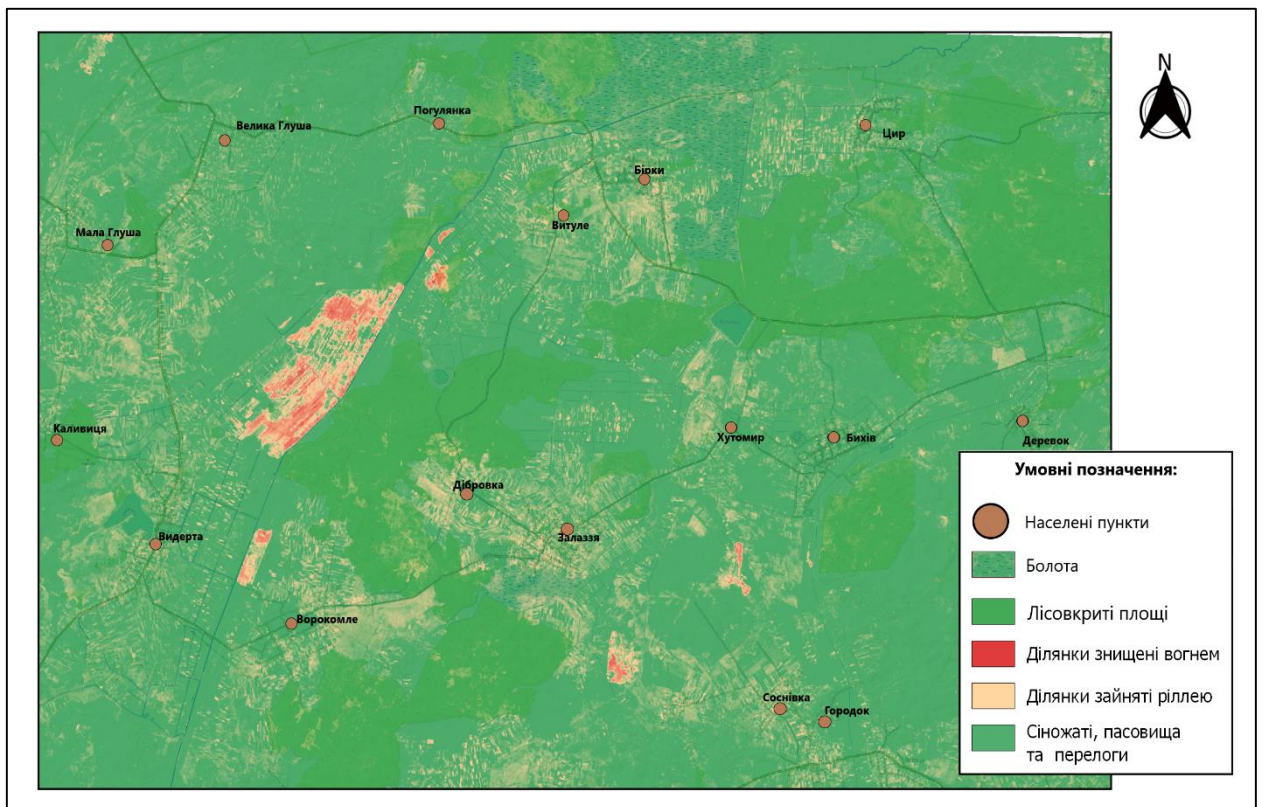


Рис. 2.10. Верхові пожежі на півночі Волинського Полісся

Підбір порогових значень для визначення вражених вогнем ділянок можна зобразити у вигляді алгоритму (рис. 2.11.).

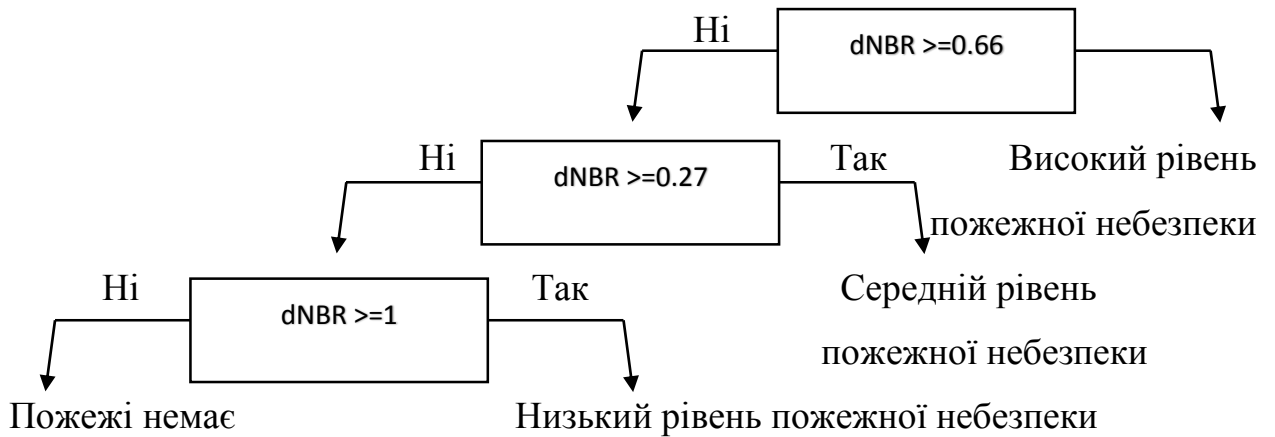


Рис. 2.11. Алгоритм для визначення ступеня пожежної небезпеки

Використовуючи архівні дані щодо порогових значень NDVI на досліджуваній ділянці створимо графік (рис. 2.12.), де чітко видно відрізок на якому індекс почав знижуватись. В даному відрізку часу (з 19.09), де значення зменшилось з 0,52 до 0,37 розпочалася пожежа.

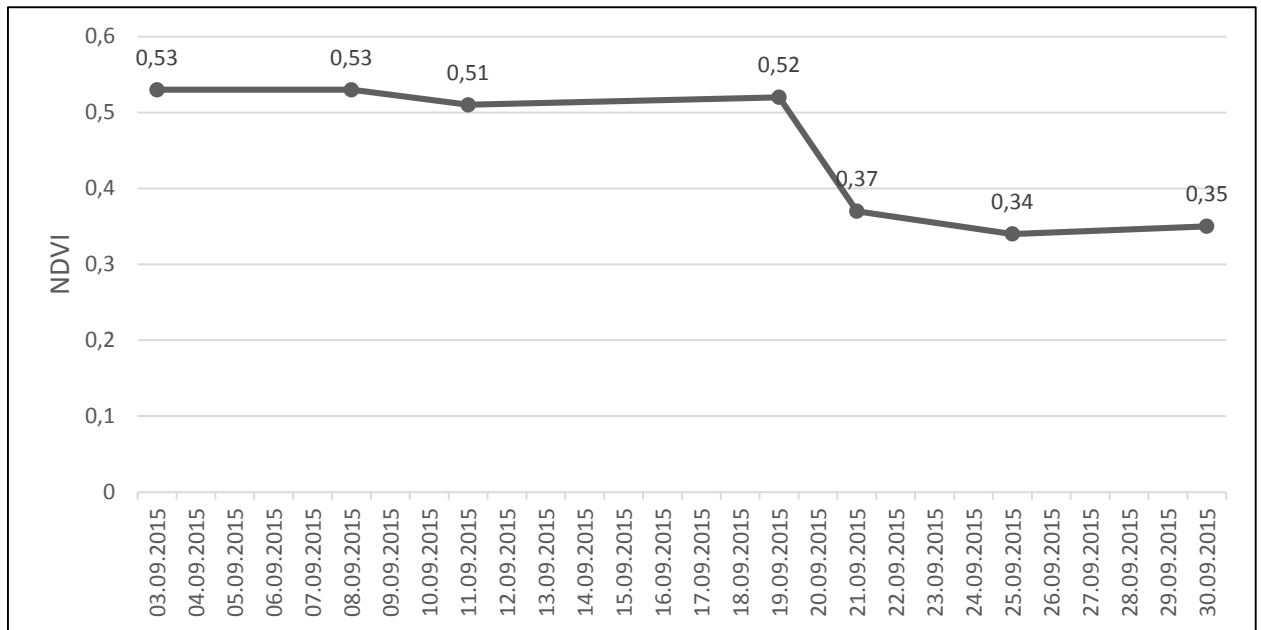


Рис. 2.12. Значення NDVI за період з 03.09.15р. по 30.09.15р.

Нормалізований індекс вигорання (NBR/dNBR) може стати дієвим інструментом для оцінки масштабів пожежі або ступеня вигорання після її закінчення. Індeksi вигорання можуть використовуватись структурними підрозділами лісових господарств для оцінки якості та швидкості відновлення лісів після пожеж або ж для перевірки відновлення рослинного покриву на відкритих ділянках. Подібний індекс також може відображати зміну видового складу фітоценозів, що іноді буває, коли після верхових пожеж в хвойних лісах їх заміняють широколистяні породи, які мають більш легке насіння і відповідно швидше займають вільні площі.

### **2.3. Оцінка геоecологічних ризиків техногенного походження**

#### **2.3.1. Ризики функціонування трубопровідної нафтогазотранспортної системи**

В даний час безпека в природному середовищі та техносфері є найважливішою проблемою. Об'єкти нафтогазового комплексу: резервуари, нафтопроводи, газопроводи відносяться до об'єктів з підвищеним ризиком небезпеки. Неконтрольований розвиток аварійних ситуацій на об'єктах нафтогазового комплексу, пов'язаних з викидом газу, розливом нафти, вибухами та пожежами, може призвести до значних руйнувань, загибелі людей.

Відповідно до вимог нормативних документів, діяльність нафтогазового комплексу має супроводжуватись оцінками впливу на довкілля. Конструкція магістральних газопроводів, як правило, є складною просторовою системою значної протяжності з безліччю розгалужень, перетинів, трійників, відводів і т.д., що знаходиться в умовах дії багатьох зовнішніх факторів (внутрішній тиск, неоднорідне поле температур, опір ґрунту і т.д.). Однією з особливостей побудованих конструкцій є наявність пов'язаних між собою надземних та

підземних (горизонтальних, вертикальних та похилих) ділянок трубопроводів, що об'єктивно обумовлює як відносно високу ймовірність утворення різних дефектів, так і викиди у навколишнє середовище у разі аварії великої кількості вибухо-пожежонебезпечних речовин.

Аналіз ризику функціонування подібних систем на території Волинського Полісся є одним із суттєвих компонентів забезпечення безпеки та проводиться для виявлення окремих джерел небезпеки та оцінки їх потенційного впливу на можливі збитки, які можуть бути заподіяні населенню, навколишньому середовищу та господарським об'єктам. Оцінка ступеня ризику усієї траси магістральних трубопроводів проводиться на основі ідентифікації небезпек та оцінки ризику окремих ділянок (секцій), що характеризуються приблизно однаковим розподілом питомих показників ризиків по всій довжині ділянки [29].

Одним з основних підходів до підвищення ефективності процесів управління при виникненні надзвичайних ситуацій, мінімізації економічної шкоди від наслідків аварій та катастроф, можливого їх попередження є впровадження інформаційних технологій, моделювання природних та технологічних процесів, що виникають при НС, та оцінка антропогенного ризику з використанням ГІС-технологій. Використання ГІС для забезпечення безпечної експлуатації трубопровідного транспорту дозволяє:

- здійснити районування досліджуваної території щодо інтенсивності прояву природно-техногенних НС;
- здійснити ідентифікацію та інвентаризацію потенційно небезпечних об'єктів;
- зробити комплексний екологічний моніторинг складних природно-технічних систем;
- здійснити прогнозну оцінку міграції забруднюючих речовин як при фоновому антропогенному впливі, так і при аварійних викидах.

Аварії при видобуванні та транспортуванні вуглеводневої сировини нафто- і газопроводами можуть стати причинами великих екологічних лих.

Найбільш характерні їх наслідки: повне знищення рослинності в зоні відчуження, безповоротна втрата місць проживання та окремих екземплярів рідкісних та зникаючих рослин, скорочення ресурсів господарсько значущих видів рослин, підвищення пожежонебезпеки території та інше.

У дослідженнях, виконаних з проблеми впливів факторів природного та техногенного характеру на трасу магістрального трубопроводу, зазначено, що основними причинами виникнення та розвитку аварій є [26]:

- складні природно-кліматичні умови експлуатації;
- низькі температури, сніговий покрив, зледеніння, можливість підтоплення;
- велика довжина трубопроводу;
- річкові переходи;
- термоерозія;
- термокарстові явища;
- складні геологічні умови (зсуви, карсти та ін);
- неоднорідність рельєфу (різкі перепади висот);
- повені;
- лісові пожежі;
- сейсмічність регіону;
- людський фактор.

Відносно досліджуваної нами фізико-географічної зони актуальними є не всі ризики, але окремі з них проявляться часто. Розглянемо результати оцінки ризику аварій трубопроводу, пов'язані з впливом локалізації та протяжності ділянок проходження трубопроводу з неоднорідним рельєфом (перепадами висот), одержані з використанням ГІС.

Для оцінки географічних умов експлуатації трубопроводів використано цифрові ГІС-шари рельєфу на досліджувану територію проходження траси магістрального Газопроводу Ямал-Європа (рис. 2.13.). За допомогою інструментів програмного комплексу QGIS лінійні векторні файли рельєфу

інтерпольовані в поверхню та переведені у формат XYZ і відповідно була створена 3D модель рельєфу досліджуваної ділянки (рис. 2.14.).



Рис. 2.13. Розташування на території фізико-географічної зони ділянки

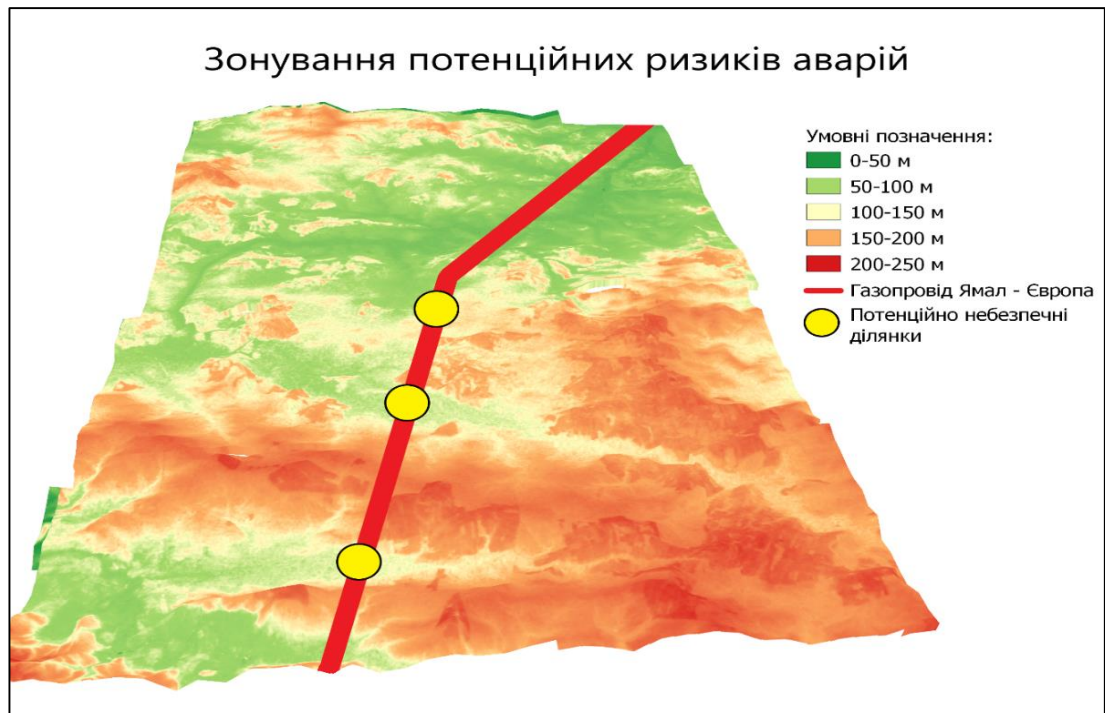


Рис. 2.14. Створена на основі SRTM профілю 3D карта досліджуваної ділянки поблизу селища міського типу Турійськ

Припускаємо, що можливості аварії по всій протяжності трубопроводу залежатиме від неоднорідності профілю її траси. На ділянках з великими перепадами висот, а також ґрунтом з активним карстопроявом ризик аварій більший, тому для якісної оцінки ризиків було проаналізовано мінливість вертикального профілю траси та його літологічної будови.

Для комплексної оцінки параметрів небезпечних процесів, що становлять загрозу для безпеки трубопроводу, можна створити такі цифрові моделі:

- рельєфу;
- водотоків;
- рослинності;
- механіки ґрунтових мас;
- сейсмічних впливів;
- теплового поля, що формується навколо трубопроводу.

У свою чергу, величини ймовірності виникнення аварійних ситуацій певного типу не будуть постійними, а залежатимуть від характеристик інтенсивності техногенного, антропогенного та природного впливу. В результаті для оцінки екологічного ризику необхідно розробити досить складні прогностичні моделі ризику впливу НГК (нафтогазового комплексу) на природні екосистеми, оцінити ймовірність реалізації певного сценарію впливу та визначити збитки від такого впливу за даними про площу території яка піддається негативному впливу.

Аналіз даних потенційних причин аварій під час експлуатації газового трубопроводу показав, що є ділянки (рис. 2.14.), у яких вірогідність аварій є вищою відносно середніх показників. Це:

- підводні переходи, обводнені ділянки траси (підвищена корозія, порушення ізоляційного покриття), утворення заторів, сильний русловий перебіг, заболочування території через порушення поверхні;
- ділянки, що примикають до насосних станцій (особливо для нафтопроводів) через підвищення циклічних навантажень, пов'язаних із

зміною режиму перекачування та можливим утворенням гідравлічного удару, особливо на непрямолінійних ділянках;

- неоднорідності рельєфу, в цих координатах досліджувана ділянка лежить в межах переходу Поліської низовини в Волинську височину.

Для збереження екології регіону необхідно мінімізувати ризики під час експлуатації трубопровідних систем НГК. Управління екологічними ризиками має включати:

- створення системи моніторингу, проведення аеровізуального обстеження траси;
- створення принципів та технологій компенсації збитків, що завдаються природному середовищу при будівництві та експлуатації об'єктів НГК;
- використання ГІС-технологій щодо комплексної оцінки ризику.

Створення бази даних з моніторингу об'єктів НГК необхідно для визначення оцінки ризику та розробки алгоритмів моделювання виникнення НС на магістральних трубопроводах. Залежно від цілей можливий порівняльний аналіз ризику територій за заданим критерієм, виділеним параметром або групою параметрів, це дає можливість ранжування небезпеки та управління ризиком за рахунок проведення превентивних заходів.

### **2.3.2. Ризики діяльності підприємств деревообробної промисловості**

Екологічний ризик, як форма відображення наслідків погіршення геоекологічної ситуації при плануванні, будівництві та функціонуванні комплексів та систем житлово-комунального господарства, дозволяє включати у сферу його оцінок будь-які джерела потенційної небезпеки, де є біологічні об'єкти (людина, популяції, екосистеми та ін.) схильні до канцерогенного та (або) токсичного ефекту впливу викидів на досліджуваній території. Екологічні ризики, які несуть за собою підприємства хімічної промисловості є формою відображення збитків, що виникають навколо



промислових інфраструктурних об'єктів, внаслідок зміни геоекологічних ситуацій навколо промислових територій [40].

На території фізико-географічної зони Волинського Полісся розташується чимало підприємств. Об'єктом нашого дослідження в розрізі питання розділу ми обрали деревообробне підприємство, яке розташовується в м. Костопіль Рівненської області – «Свіспан Лімітед», вул. Степанська 9.

У відкритих джерелах отримали інформацію щодо концентрації основних викидів [56]. Заміри щодо викидів здійснюються працівниками міського та обласного лабораторних центрів Держсанепідемслужби з використанням різних промислових приладів та аналізаторів, принцип дії яких базується на різних фізико-хімічних принципах: газоаналізatori, газоаналітичні комплекси, димоміри та ін. Зокрема, контроль забруднення атмосфери в м. Костопіль здійснюється спеціалізованою лабораторією на чотирьох стаціонарних постах спостереження, розташованих у 4-х умовно розділених районах міста (центральна частина міста, західна частина, спальний район, східний промисловий р-н):

1. Вул. Д. Галицького, 10;
2. вул. Пушкіна, 12;
3. вул. Хвильового, 54;
4. вул. Затишна, дитячий садочок №4 «Берізка».

Заміри проводяться по основним пунктам: завислі речовини (пил), розчинні сульфати, діоксид сірки, оксид вуглецю, діоксид та оксид азоту, фенол, формальдегіди. Однак, у зв'язку з техногенним навантаженням, що постійно збільшується, в останні роки кількість стаціонарних не забезпечує повною мірою потреби в постійному моніторингу якості повітря в місті.

Ще одна проблема полягає в тому, що значення концентрацій шкідливих речовин (і їх просторовий розподіл), незважаючи на можливості вищезгаданих станцій та лабораторій моніторингу, залишаються загалом недостатньо точними. Крім того, подібні пости розташовані нерівномірно по всій території міста, а без комплексного моніторингу забруднення міського

середовища ділянки більш раціонального розміщення подібних станцій визначити достовірно неможливо.

На сучасному етапі розвитку геоінформаційних технологій є можливим їх залучення до відображення інтерпольованих показників концентрації шкідливих речовин на картооснові, що робить більш зрозумілим просторове розташування станцій моніторингу та виявлення ділянок з показниками забруднення понад норму, а також в майбутньому дозволить скоригувати їх розташування по місту.

При оцінці стану навколишнього середовища ГІС дозволяє отримувати за запитом оперативну інформацію і як було зазначено вище відобразити її на картооснові та за потреби і за наявності відповідних інструментів в програмному середовищі спрогнозувати зміни в екосистемі. Використання ГІС для оцінки ризиків діяльності підприємств різних галузей промисловості передбачає:

- Накопичення, ввід, збереження та подальша обробка картографічної, цифрової та екологічної інформації, яка відноситься до об'єкту дослідження;
- побудова тематичних карт на основі отриманих вхідних даних, які відображають поточний стан екологічної ситуації;
- динаміка змін екологічної обстановки та її дослідження в просторово-часовому відношенні, побудова діаграм, таблиць, графіків;
- моделювання в різних середовищах можливого розвитку ситуації;
- дослідження залежності розповсюдження шкідливих речовин від метеорологічних умов, значення концентрацій, характеристик джерел забруднення;
- комплексна оцінка стану навколишніх природних екосистем та їх об'єктів на основі кількісних та якісних показників.

Для характеристики розповсюдження по місту Костопіль шкідливих речовин у вигляді формальдегідів з врахуванням метеорологічних умов (рози вітрів) нами було обрано програмне середовище QGIS та модуль

«Теплокарта», що дозволяє створювати растрові теплокарти з точкових векторних даних, які були нами отримані з пунктів спостережень (рис. 2.15.).

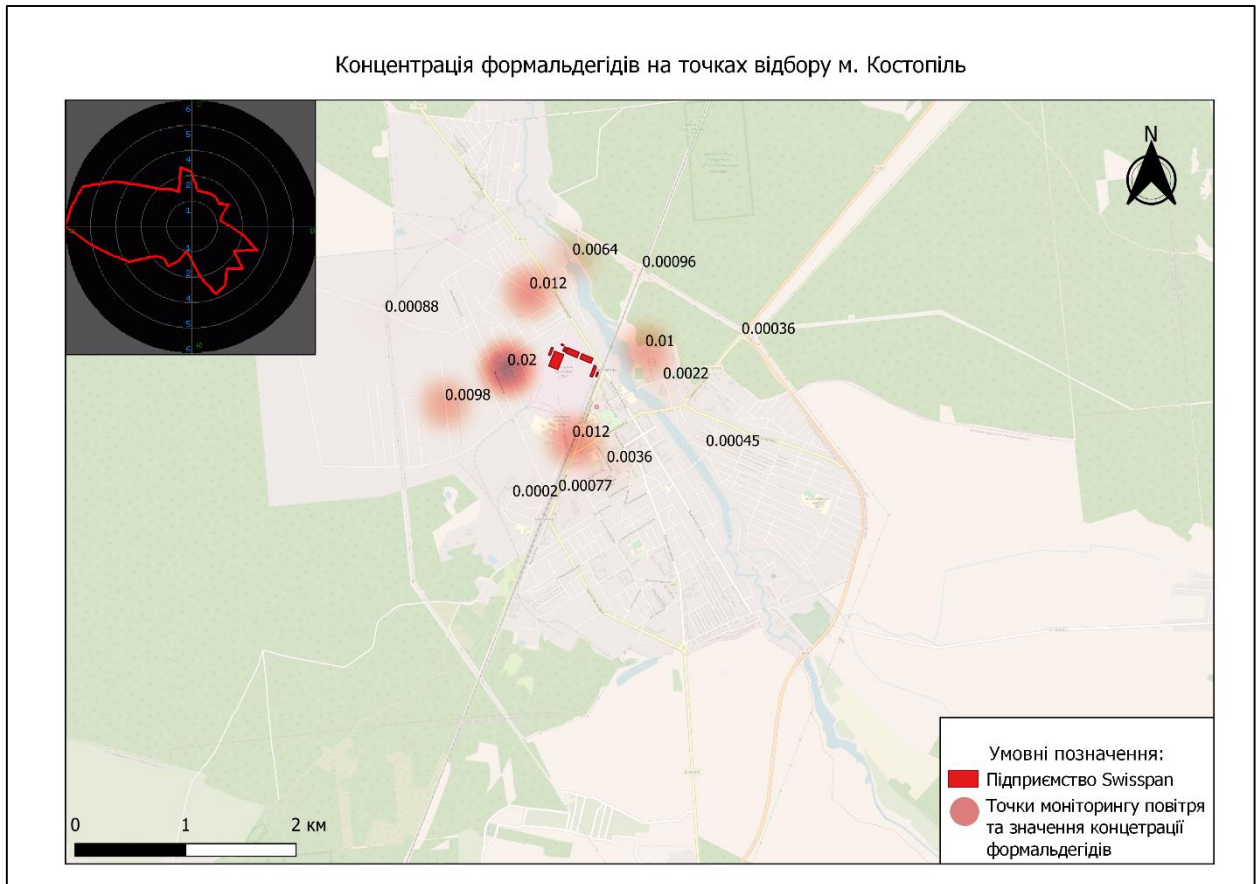


Рис. 2.15. Показники концентрації формальдегідів поблизу підприємства «Свіспан» в м. Костопіль отримані за допомогою модулю «Теплокарта»

Побудовані на основі вхідних даних щодо концентрації формальдегіду карти дозволяють оцінити інгаляційний вплив повітря на жителів міста відповідними службами. В рамках «Стратегії сталого розвитку», де важливе значення має екологічний вектор розвитку країни, екологічна культура, безпека, побудова подібних карта по основним показникам концентрації викидів шкідливих речовин в межах територіальних, селищних громад була б досить доречною. При наявному матеріально-технічному забезпеченні основні показники концентрацій речовин можна виводити в режимі реального часу і тим самим забезпечити дотримання «Принципу запобігання» котрий прописаний в положеннях про «Керівні принципи стратегії сталого розвитку» [55].

### 2.3.3. Постчорнобильські ризики життєдіяльності населення

Внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС територія Волинського Полісся зазнала глобального забруднення радіоактивними ізотопами. Наслідки катастрофи серйозно торкнулися всіх сфер життєдіяльності регіону

Незважаючи на те, що до цього часу значна частина радіонуклідів з невеликим періодом напіврозпаду припинила свій негативний вплив на навколишнє середовище, природні та сільськогосподарські екосистеми Полісся, як і раніше, забруднені цезієм-137, стронцієм-90, ізотопами плутонію, америцієм-241, що мають періоди напіврозпаду від 14 до 24 065 років. Враховуючи всі фактори надзвичайно важливим є вивчення характеру забруднення території регіону, його населених пунктів, сільськогосподарських угідь, лісових масивів, заплавних земель, лук, боліт, меліорованих земель. Системні дослідження в цьому напрямку, що враховують вплив природних особливостей Полісся на поведінку радіонуклідів і формування радіаційного фону, дозволяють встановити вплив на людину, середовище її проживання, флору і фауну додаткової дози радіації, що додалася до природного фону, а також оптимальну стратегію розвитку, спрямовану відновлення природно-господарського потенціалу забруднених територій.

Наслідки чорнобильської катастрофи торкнулися тією чи іншою мірою усіх країн західної Європи, проте найбільше постраждало саме Полісся. У перші тижні після катастрофи значні рівні радіації за рахунок короткоживучих ізотопів, насамперед йоду-131, реєструвалися на всій території Полісся. У деяких місцях потужність дози випромінювання досягала 27 мР/год (приблизно в тисячу разів вище природного фону), рівні випадання йоду-131 на ґрунт у межах нинішньої зони відчуження перевищували 37 000 кБк/м<sup>2</sup> (кілобеккерелей), а поза нею досягали 11 100 кБк/м [50].

Нині радіоекологічна обстановка визначається дією ізотопів з великим періодом напіврозпаду. Серед них – цезій-137, стронцій-90, трансуранові

елементи: плутоній-238, 239, 240, 241 та америцій-241. І ця ситуація в найближчому майбутньому не зміниться.

За сучасними даними, радіоекологічну ситуацію на Поліссі можна охарактеризувати в такий спосіб. В нашій області під радіоактивне забруднення, де показники забруднення за цезієм-137 переважає 37 кБк/км<sup>2</sup>, попали 103 населених пункти. Забруднення цезієм-137 з рівнем вище 37 кБк/км<sup>2</sup> поширилось на площу понад 11 000 км<sup>2</sup> [66]. Для оцінки площі забруднення цезієм-137 станом на 2004 рік нами були використані наступні геоінформаційні сервіси: програма QGIS – для оцифрування території «Зони відчуження» та досліджуваної нами фізико-географічної області Волинського Полісся; програмне забезпечення SAGA – для побудови з точкових векторних даних зі значеннями випромінюваних доз за допомогою інтерполяції та інструментів «B-Spline interpolation» та «Grid Tools» ізометричних ліній (рис. 2.16.).

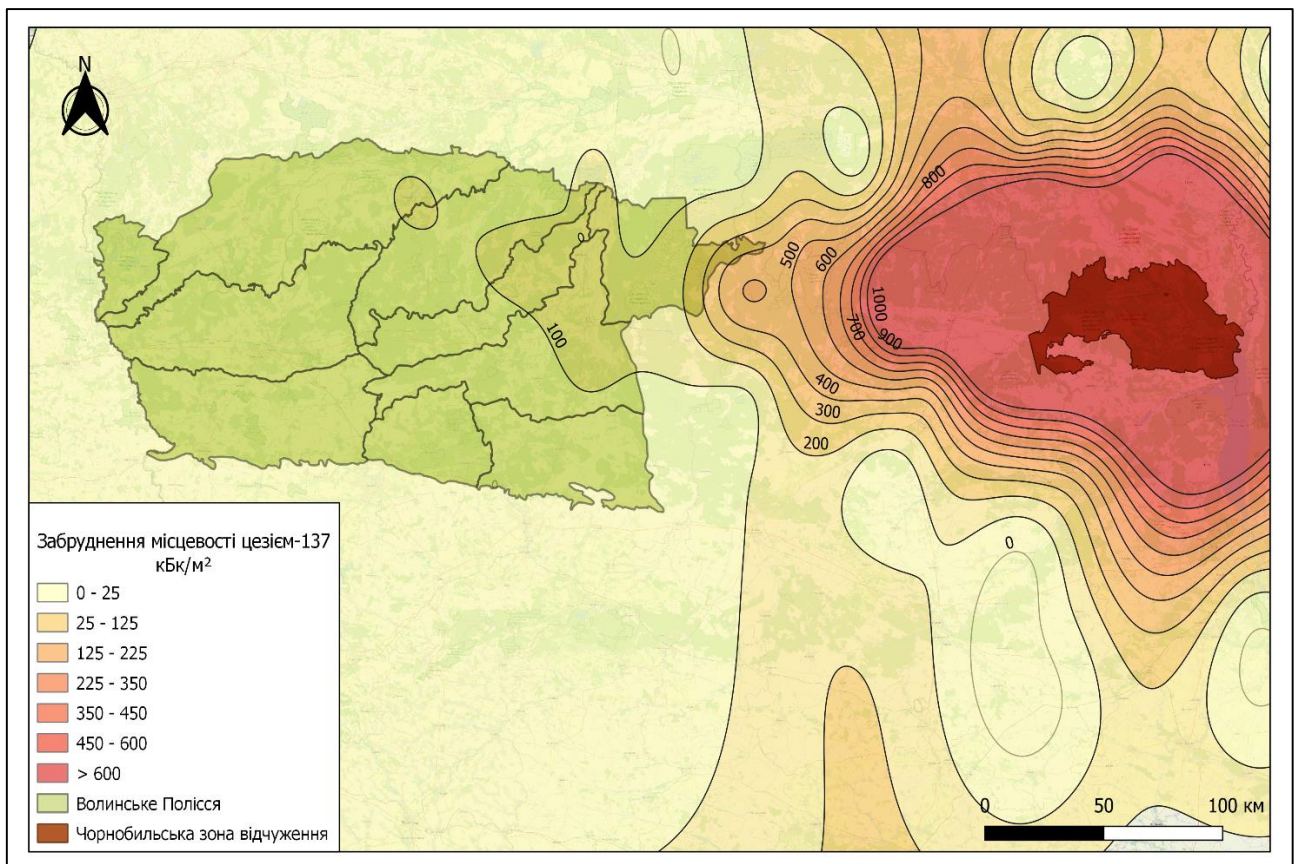


Рис. 2.16. Інтерпольовані у векторний шар значення доз випромінювання цезію-137 з метою оцінки поширення на території Волинського Полісся

Найбільшого радіоактивного забруднення зазнали малі річки басейнів Дніпра, Прип'яті. Поверхневі води – основний фактор, що визначає міграцію радіонуклідів в екосистемах. Протягом найближчого часу після вибуху річки були одними з основних транзитних одиниць для переносу радіонуклідів, в тому числі в транскордонному напрямку. Згодом для великих та середніх річок виявилася тенденція до різкого зниження концентрації радіонуклідів у воді (перевищення допустимих рівнів не спостерігалось з 1987 р.) та зменшення обсягу виносу радіації за рахунок річкового стоку (рис. 2.16.).

Проте, протягом всього часу спостережень відбувались значні коливання концентрацій радіонуклідів по причині весняних паводків. Річкові води мають здатність до самоочищення, що пояснюється постійним виносом водних мас і випаданням радіоактивних частинок на дно водойм. У замкнутах і слабопроточних водних системах озерного типу відбувається і відбуватиметься надалі стік радіонуклідів з територій водозборів в улоговини водойм, де вони концентруються в донних відкладах, які, разом з водною біотою, роблять основний внесок у загальну радіоактивність як замкнутих (озера, ставки, водосховища), а також проточних (річки, канали) водних екосистем.

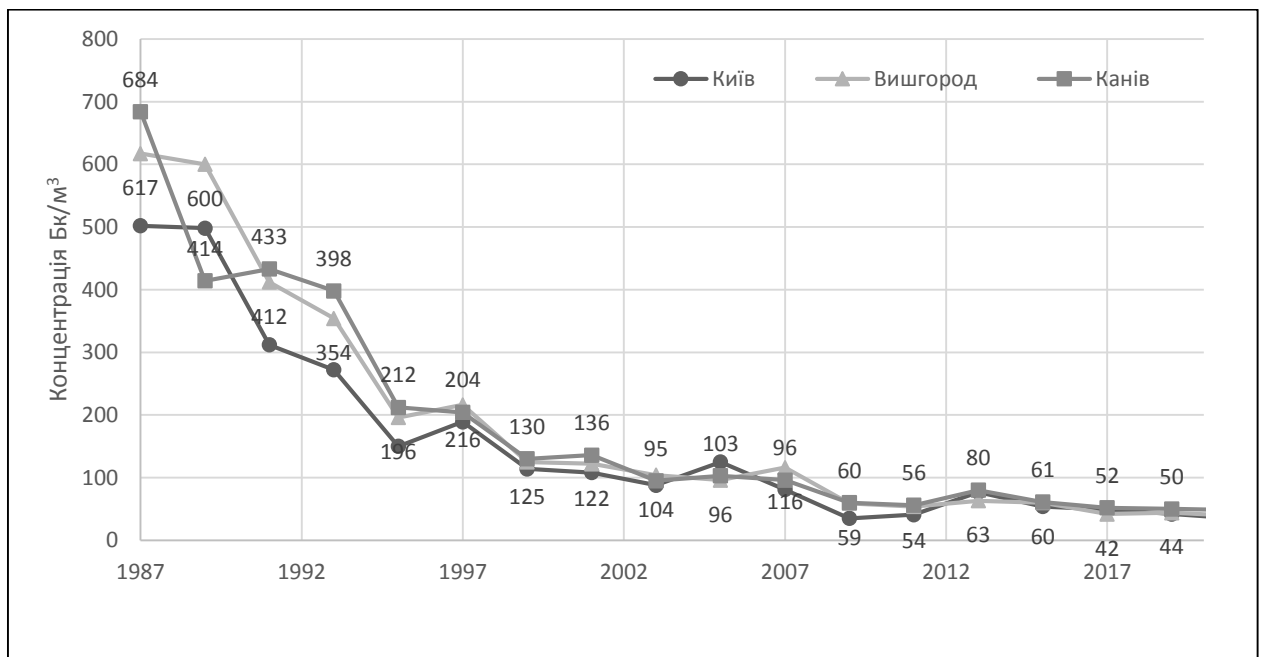


Рис. 2.16. Динаміка концентрації стронцію-90 у водах каскаду дніпровських водосховищ

Проблема радіоактивного забруднення повітряних мас залишається актуальною для територій, що прилягають до зони відселення. Воно визначається вмістом радіоактивного пилу у приземному шарі атмосфери. Пилоутворення значно зростає під час проведення сільськогосподарських та інших робіт з активним техногенним впливом на ґрунт. На радіоактивне забруднення приземного повітря істотний локальний вплив мають деякі стихійні явища, насамперед лісові та торф'яні пожежі.

Внаслідок чорнобильської катастрофи у зоні радіоактивного забруднення виявилися поліські ліси. В даний час у надземній частині деревних рослин знаходиться 5-7% від загального запасу радіонуклідів, що випали на лісові екосистеми. Протягом найближчих років надземна фітомаса накопичить до 10–15% від загальної кількості цезію-137 у лісових масивах. З харчової продукції лісу найбільш забруднені гриби (маслю, польський гриб, груздь, зеленка, хвиля) і ягоди (чорниця, лохина, журавлина, суниця). Вміст у них цезію-137 перевищує допустимі нормативи навіть на територіях із незначною щільністю забруднення ґрунту.

Рослинність територій радіоактивного забруднення становить основу кормової бази диких тварин, у яких спостерігається підвищений вміст радіонуклідів, що накопичуються у м'язовій тканині та кістках. У мисливсько-промислових копитних виявляється чітко виражена сезонна залежність накопичення радіонуклідів (збільшення у літньо-осінній період). Істотних змін зазнає склад та структура зооценозів у зонах відчуження та відселення [19].

Прогноз динаміки радіаційно-екологічної ситуації на Поліссі дозволяє припускати, що найближчим часом ситуація покращиться. Самоочищення ґрунтів за рахунок вертикальної міграції радіонуклідів протікає повільно, проте має постійний характер. Горизонтальна міграція радіонуклідів за рахунок повітряного та водного перенесення не вплине на структуру радіоактивного забруднення території. Радіонукліди, що потрапили в ґрунт і

включилися в міграційні процеси, ще довгий час будуть перебувати в біологічному ланцюжку «грунт – рослина – тварина».

Таким чином, радіаційно-екологічна обстановка на Поліссі характеризується складністю та неоднорідністю забруднення території альфа- та гамма-випромінюючими радіонуклідами, присутністю радіоізотопів практично у всіх компонентах екосистем та залученням їх у геохімічні та трофічні цикли міграції. Це зумовлює множинність шляхів зовнішнього та внутрішнього опромінення населення та створює ризик для його здоров'я.

Така ситуація посилюється природними особливостями Волинського Полісся. Переважання у структурі ґрунтового покриву ґрунтів легкого гранулометричного складу (піщані, супіщані) та торф'яних ґрунтів пришвидшує процес переходу радіонуклідів у рослинність навіть за порівняно невисокого радіаційного забруднення ґрунту. Значні болотні масиви, що збереглися, незважаючи на широкомасштабну осушувальну меліорацію, є своєрідними аномаліями, в яких процес переходу радіонуклідів в рослини є особливо швидким.

Своєрідний водний режим Волинського Полісся створює ситуацію, за якої річки, що дрениують забруднені території Українського Полісся, впадають у Прип'ять, що переносить радіоактивні речовини в Дніпро, а згодом на територію Республіки Білорусь, яка є транзитною річкою (подвійне транскордонне перенесення радіонуклідів). Високий рівень підземних вод створює загрозу їхнього радіоактивного забруднення, а отже, забруднення питних та господарських водозаборів.



## РОЗДІЛ 3

### ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ ДЗЗ ТА ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ НА УРОКАХ ГЕОГРАФІЇ

#### **3.1. Теоретичні основи використання геоінформаційних систем в навчально-виховному процесі у школі**

Сучасний етап розвитку суспільства супроводжується тотальною інформатизацією в усіх сферах діяльності людини. Інформатизація має глобальний характер, її особливістю є те, що переважаючим видом діяльності у соціальних сферах є накопичення, обробка, зберігання, збирання, продукування, використання та передача інформації. Всі ці процеси забезпечують сучасні електронно-обчислювальні системи, програмне забезпечення та обладнання для обміну інформацією. Інформатизація соціальної сфери забезпечує:

- Використання суспільно-інтелектуального потенціалу з постійним подальшим розширенням та зберігання його в цифрові фонди;
- інтеграційні процеси інформаційних технологій з виробничими та науковими, сприяння автоматизації робочих процесів та розвитку усіх сфер господарства;
- доступ до інформації всім соціальним верствам, інформаційне обслуговування на високому рівні, візуалізація отримуваної та поданої інформації [4].

Серед пріоритетних напрямків інформатизації суспільства виділяється освітньо-науковий напрямок. О. А. Крейдер зазначає, що процес інформатизації – це процес постачання в сферу освіти методик та практичних розробок для раціонального та ефективного використання нових інформаційних технологій (НІТ), які є орієнтованими на досягнення когнітивно-педагогічних цілей виховання та навчання [35].

Даний процес включає в собі:

1. осучаснення управлінських механізмів в сфері освіти з використанням інформаційних сховищ (серверів) для автоматизованого пошуку науково-педагогічної інформації, методично-інформаційних матеріалів;
2. модернізація методології і стратегії селекціонування змісту, методів, засобів та організаційних форм виховання, навчання, які відповідатимуть завданням сучасного розвитку особистості тих, хто навчається в закладах освіти;
3. методичні системи навчання та їх створення, які повинні бути орієнтовані на розвиток інтелектуального потенціалу учнів, на формування в нього навичок самостійного здобутку знань, здійснення інформаційно-навчальної, експериментально-дослідницької діяльності, а також інші види діяльності з пошуку та обробки загальнодоступної інформації;
4. перевірка та контроль знань учнів за допомогою створення інформатизованих перевірочних завдань, які до того ж можуть діагностувати ефективність методів навчання [59].

Підтримання інтеграційних процесів пізнання взаємозв'язків та закономірностей в предметних областях та навколишньому середовищі (соціальна, економічна, екологічна, інформаційна сфери та ін.) та поєднання їх з індивідуалізацією та диференціацією навчального процесу є можливими саме завдяки процесу інформатизації освіти.

В період глобальної інформатизації та комп'ютеризації людина має у своєму користування засоби, які дозволяють інтенсифікувати та покращити якість інтелектуального розвитку особистості. Використання новітніх інформаційних технологій забезпечує:

- Ініціювання процесів розвитку теоретичного, наочно-образного та інших типів мислення;
- інтенсифікація процесів, які розвивають пам'ять, спостережливість та увагу;

- формування лідерських якостей.

З усього різноманіття можливостей використання новітніх інформаційних технологій особливо слід виділити використання географічних інформаційних систем (ГІС) у зв'язку зі зростаючою популярністю у практиці науково-дослідницького процесу. Незважаючи на багаторічний досвід використання різноманітних типів програмних засобів, до яких належать ГІС, у навчальних цілях, їх потенційні можливості залишаються невичерпними. Причиною цього є як і не розробленість теоретичних основ, що розкривають доцільність створення та застосування ГІС з метою навчання, так і відсутність чіткої класифікації чи типології, комплексу вимог, що висуваються до них.

Географічні інформаційні системи навчального характеру зазвичай призначені для використання в навчально-виховному процесі, під час підготовки, перепідготовки та підвищення кваліфікації кадрів сфери освіти, з метою розвитку особистості учня, інтенсифікації процесу навчання [9].

Географічні інформаційні системи, як із різновидів картографічних засобів навчання розглядаються методистами Н. З. Хасаншиною [64], Л. М. Макаровою [39], та ін. як поліфункціональний та комплексний засіб навчання. Це дозволяє ГІС виконувати такі функції:

- функцію наочності;
- функцію забезпечення операційної діяльності учнів;
- функцію, що виховує;
- розвиваючу функцію;
- інформаційну функцію.

Залежно від особливостей організації на уроці роботи з ГІС вона може виступати у ролі самостійної чи практичної роботи, вправи, виду домашньої роботи. Всі ці ролі підпорядковані загальній меті: формування просторових уявлень та понять про розміщення природних та соціально-економічних об'єктів та явищ [62].

По орієнтації навчального призначення ГІС А. Ю. Уваров [61] виділив такі види ГІС:

- вирішення певної навчальної проблеми, що потребує її вивчення та (або) вирішення, - проблемно-орієнтовані ГІС;
- здійснення певної діяльності з об'єктним середовищем (наприклад, із системою підготовки текстів, інформаційно-пошуковою системою, базою даних) – об'єктно-орієнтовані ГІС;
- здійснення діяльності у певному предметному середовищі (в ідеалі – з вбудованими елементами технології навчання) – предметно-орієнтовані ГІС.

### **3.2. Методика організації навчальної діяльності за допомогою ГІС**

Зробити освоєння географічних знань у школі ефективнішим за рахунок суттєвого підвищення пізнавальної активності школярів у процесі самостійної творчої роботи під керівництвом вчителя дозволяє комплекс цифрових освітніх ресурсів, суттєвими компонентами якого є шкільна геоінформаційна система та різні цифрові бази історичних документів. Зупинимось докладніше на найбільш дидактично і методично значущих напрямках використання шкільної ГІС під час вивчення шкільного курсу географії.

Уміння читати географічну карту є одним із базових у шкільній географії. Перше, що має освоїти учень за допомогою шкільної ГІС, - це вміння читати географічну інформацію з цифрових графічних карт. Читання паперової карти, по суті, обмежується складанням та аналізом розміщення об'єктів. Цифрова карта відображає більше інформації про об'єкти, що представлені в умовних знаках. Вона міститься в атрибутах чи семантиці об'єктів, нанесених на карту. Для отримання додаткової інформації про об'єкт достатньо підвести курсор і клацнути лівою кнопкою миші. Ці характеристики можуть бути як якісними (назва, короткий опис властивостей), так і кількісними (числові параметри, кількість жителів тощо).

У процесі читання карт нерідко виникає потреба виникає необхідність знайти той чи інший об'єкт. При роботі з картами та атласами на це може

знадобитися багато часу. ГІС передбачає для цього цілу серію інструментів для виконання швидкого пошуку об'єктів за заданими параметрами (насамперед за назвою). За винятком перевірки знань геономенклатури, цей інструментарій заощаджує багато часу.

Карти різного змісту можна поєднувати, накладати одна на одну. Теж відноситься і до цифрових космічних знімків, які можна поєднувати з картами на ту саму територію, що й знімки. Вчитель повинен уміти керувати шарами та поєднувати карти різного змісту, щоб ілюструвати пояснення закономірності протікання процесів між об'єктами та явищами. Учні необхідно володіти цим прийомом для самостійного пошуку взаємозв'язків між географічними об'єктами, явищами, процесами.

Вміння проводити вимірювання та розрахунки за картами також важливі. Перевантажуючи учнів фактичним матеріалом, вчителі часто приділяють недостатньо уваги практичним завданням, під час яких проводяться виміри та розрахунки за картами. Частково це пояснюється трудомісткістю виконання вимірювань та розрахунки за картами (приводять до неефективного витрачання навчального часу). Використання ГІС може дати учневі швидкодіючі вимірювальні інструменти, які звільняють його від рутинних вимірювань та обчислень; дозволяють зосередити увагу на визначенні та аналізі їх результатів.

Основою основ шкільної географічної освіти є вміння визначати за картами географічні координати об'єктів. Інструментарій шкільної ГІС у поєднанні з картографічними ресурсами дозволяє сформувати та відпрацювати цю навичку у школярів до досить високого рівня.

Побудова тривимірної моделі території – особлива дидактично цінна функція шкільної ГІС. Її використання сприяє розвитку просторового мислення учнів, дозволяє показати інформацію, розміщену на площині, в об'ємному тривимірному вигляді (що при роботі з традиційними паперовими картами просто неможливо). При накладенні на створену тривимірну модель

тематичних карт чи шарів з'являються додаткові можливості аналізу взаємозв'язків між географічними об'єктами та явищами.

Отримані з джерел ДЗЗ та оброблені в ГІС-програмах космознімки дозволяють побудувати власну цифрову карту. Вбудований редактор шарів дозволяє на базі існуючих цифрових карт їх редагування (включаючи контурне). Можливе редагування та створення умовних позначень. Це робить навчальний процес досить цікавим для учнів. Від практичних робіт із заповнення контурних карт доцільно переходити до навчальних проектів, у яких створення нової тематичної карти буде одним із головних напрямів учнівської творчості. Аналіз статистичних даних, прив'язаних до об'єктів цифрових карт, дозволяє за допомогою шкільної ГІС познайомити школярів зі статистичним методом дослідження. При цьому учень працює з актуалізованими статистичними даними та має можливість їх самостійного оновлення.

Проаналізувавши навчальну програму з географії для 6-9 класів [14] та 10-11 класів [46] нами було складено перелік розділів в яких використання геоінформаційних систем буде найбільш доцільним (табл. 3.1.).

Таблиця 3.1.

Розділи, рекомендовані до вивчення з використанням ГІС

№	Клас	Розділ
1	6 клас	Розділ II. Земля на плані та карті
2	7 клас	Розділ VI. Вплив людини на природу материків та океанів
3	8 клас	Розділ I. Географічна карта та робота з нею
4	9 клас	Розділ V. Глобальні проблеми людства
5	10 клас	Розділ VI. Україна в міжнародному просторі
6	11 клас	Розділ I. Топографія та картографія Розділ IV. Суспільна географія України

## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розкриті можливості використання засобів дистанційного зондування Землі, а також їх подальшою обробкою за допомогою геоінформаційних систем, які працюють з растровими та векторними даними.

Нами визначено доцільність на можливість використання ГІС для оцінки геоєкологічних ризиків у межах фізико-географічної області Волинського Полісся, досліджено наслідки проявів негативних явищ за допомогою відповідного ГІС-інструментарію. Побудовано відповідні тематичні карти, які відображають масштаби ураження ландшафтів ендо- та екзогенними процесами, а також діяльністю людини. За результатами досліджень ми прийшли до таких висновків:

1. Аналіз сукцесійних змін ландшафтів, внаслідок нелегального видобутку бурштину, дав змогу оцінити площу трансформованих локальних ПТК протягом 2015-2021 рр. За нашими оцінками площа таких ПТК на ключовій ділянці «Кухітська Воля» змінилась з 16 га (станом на 08.08.2015р.) до 321,5 га (станом на 10.09.2021р.), тобто в 20 разів збільшилась площа ПТК, яка зайнята незаконним видобутком бурштину.

2. Оцінка кліматогенних ризиків, які простежуються на території дослідження протягом останніх 14 років визначалась за допомогою відслідковування змін за показником нормалізованого вегетаційного індексу NDVI на ключовій ділянці «Озеро Нобель». Було встановлено, що передчасне весняне потепління спричиняє, перш за все, раннє сходження льоду з водойм, як наслідок, насичення води киснем та швидке зростання водної рослинності. В середньому показники NDVI станом на 26.03.2008р. становили 0,47 тоді як 27.03.2022р. показник вже мав значення 0,56, що засвідчує про пришвидшення настання вегетаційного періоду.

3. Гідрогенні ризики для області Волинського Полісся носять сезонний характер. Геоєкологічна оцінка ризиків, що пов'язані з водою, дає змогу

попередити прояви негативних наслідків. На обраній ділянці р. Случ поблизу с. Богуші за допомогою аналізу STRM-профілю було побудовано карту розливу річки під час весняного водопілля 24.05.2019 р. та визначено площу в 16646 га, яка періодично перебуває в зоні повенево-паводкових ризиків.

4. Пірогенні ризики є ще однією проблемою досліджуваної фізико-географічної області. Частина території зайнята торфовими ґрунтами і в періоди посухи ці ландшафтні комплекси можуть самозайматися та знищувати засіяні культурами угіддя. Відслідковування динаміки нормалізованого індексу вигорання дало змогу встановити показник індексу в  $dNBR = 0,28$ , що свідчить про наявність вражених вогнем ділянок на досліджуваній території. Графік зміни вегетаційного індексу показав, що його значення в період пожежі змінились з 0,52 до 0,37.

5. Ризики функціонування трубопровідних систем оцінювались на території простягання газопроводу Ямал-Європа. Побудована на основі SRTM-профілю 3D модель дала змогу визначити найбільш небезпечні ділянки, де перепади висот становили більш ніж 50 метрів, а також на місцях різкого переходу низинних форм рельєфу у височини.

6. Ризики діяльності підприємств оцінювались на прикладі деревообробного підприємства «Свіспан Лімітед» в м. Костопіль. За допомогою методу теплокарт нами визначено місця найбільшої концентрації формальдегідів і встановлено, що найбільш забрудненим є західний, північно-західний сектори міста, що локалізовані поблизу підприємства, де значення сягають від 0,012 до 0,02 мг/м<sup>3</sup>.

7. Для оцінки постчорнобильських ризиків ми використали інтерполяцію точкових векторних даних з подальшою побудовою карти. Оцінювалося забруднення території цезієм-137 і було визначено, що найбільш значні забруднення територій Волинського Полісся локалізуються в східній її частині. Показники забруднень лежать варіюють у межах від 100 до 350 кБк/м<sup>2</sup>.



Практична значимість роботи полягає у відображенні можливостей ГІС-пакетів для ведення наукової діяльності в сферах сільського господарства, екології, використання її в структурних підрозділах лісових господарств, міністерстві надзвичайних ситуацій, в системі планування та керування територіями, в природоохоронному комплексі. ГІС дозволяють зберігати набори проектних документацій, плани, схеми в електронному вигляді, в єдиній системі координат, а також атрибутивну інформацію відносно всіх об'єктів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Барсенас-Граніель, Ж. Ф. Цунамі. Походження, класифікація та фізика. Аспірант з морських наук та лімнології. Національний автономний університет Мексики. URL: <https://uk.warbletoncouncil.org/tsunami-3970> (дата звернення 16.03.2022).
2. Білявський С. Г. Напрями вдосконалення екологічного картографування агроландшафтів: зб. наук. праць КНБТ УААН. Вип. 4. Київ: Нора-прінт, 2017. 144 с.
3. Болсуновський М. А., Дворкін Б. А. Сучасні космічні дані дистанційного зондування – основа побудови єдиної системи просторових даних. *Інформаційний бюлетень ГІС-асоціації*. 2016. № 1. С. 11-14.
4. Бондар О. І., Кудін А. В., Федоренко В. І. Основи екології: навч. посіб. Київ: Знання, 2016. 280 с.
5. Бондаренко Г. В. Волинь і Волинське Полісся в історичній політичній географії. *Волинський нац. ун-т ім. Лесі Українки. Луцьк, 2012. С. 5-14.*
6. Ваганов П. А. Екологічні ризики: навч. посібн. Вип. 2. Київ: КНУБА, 2021. 152 с.
7. Варющенко С. Б. Безпека життєдіяльності та медицина катастроф: підручник для студентів середовищ. проф. навч. закл. Суми: Видавничий центр «Академія», 2015. 320 с.
8. Васійчук В. О. Основи цивільного захисту. Навч. посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2020. 384 с.
9. Веселовський А. В. ГІС-технології та проблеми геоінформатики. Географічні інформаційні системи наукового центру «Мінерал». *Вісник ОГГН*, 2015. № 1 (7). С. 54-61.
10. Виноградов Н. В., Аерофотозйомка. *Наука та життя*. №2, 2012. С. 34
11. Вишняков Я. Д., Радаєв Н. Н. Загальна теорія ризиків. Харків: ХНГУ, 2018. 68 с.

12. Ворон В. П., Сидоренко С. Г., Ткач О. М. Тенденції у післяпожежному розвитку сосняків Рівненщини. *Лісівництво і агролісомеліорація*: зб. наук. праць. 2014. Вип. 125. С. 181-187.
13. Всесвітня організація по боротьбі зі змінами клімату. URL: <https://youth.wmo.int> (дата звернення 28.03.2022).
14. Географія 6-9 класи: Навчальна програма для загальноосвітніх навчальних закладів. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/programy-5-9-klas/2020/geografiya-6-9-14.07.2017.pdf> (дата звернення 16.04.2022).
15. Глушков В. В. Аерофоторозвідка як перед течія аерофотографії. *Природа*. 2012. № 11. С. 84-87.
16. Горяйнов М. С. Історія розвитку дистанційного зондування як основного компонента географічних інформаційних систем: автореф. дис.... канд. пед. наук: 13.00.03. Суми, 2014. 20 с.
17. Гош С. К., Чандра А. М. Дистанційне зондування та географічні інформаційні системи. *Техносфера*. 2018. № 7. С. 14.
18. Гриценко В. І., Панишин В. І. Інформаційна технологія. Питання розвитку та застосування. Київ: Наукова думка, 2018. 120 с.
19. Давидова Р. П. Поняття, признаки, критерії, види та особливості екологічних ризиків. *Управління ризиками*. 2012. № 3. С. 36-45.
20. Дворкін Б. А. Каталогізація просторових даних для хмарних обчислень. *GEOMATICS*. 2012. № 2. С. 12-15.
21. Динаміка лісів, що у віданні лісових органів по основним лісоутворюючим породам за 1966-1988 рр. Заг. ред. Глушко П. Л., Коломия Л. М. Київ: КНГУ, 2017. 160 с.
22. Добровольський В. В. Основи теорії екологічних систем: Навч. посібник. Київ: ВД «Професіонал», 2015. 272 с.
23. Жилияев В. В. Щоденні дані про небезпечні та стихійні погодні явища в регіоні за спостереженнями метеорологічної мережі регіону за 1971-2010 рр. Львів: ЛАГТ, 2011. 117 с.

24. Закон України «Про пожежну безпеку» від 17.12.1993 № 3745-XII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3745-12#Text> (дата звернення 15.04.2022).
25. Замшин В. М. Геоінформаційне середовище для програмування. *GEOMATICS*. 2014. № 3. С. 67-78.
26. Запорожець О. І. Безпека життєдіяльності. Навч. посібник. Київ: Центр учбової літератури, 2013. 448 с.
27. Зібцев С. В. Охорона лісів від пожеж у світі та в Україні – виклики XXI сторіччя та перспективи розвитку. *Лісове і садово-паркове господарство*. 2012. № 1. С. 49-63.
28. Кантавелла-Надаль, Дж. Дивовижна сила води: цунамі. Щорічник Астрономічної обсерваторії Мадрида. URL: <https://uk.warbletoncouncil.org/tsunami-3970#menu-6> (дата звернення 28.03.2022).
29. Капітонова Т. А., Стручкова Г. П., Тарська Л. М. Використання ГІС для оцінки ризику безпеки трубопроводів. *Фундаментальні дослідження*. 2014. № 5. С. 94-99.
30. Капралов О. Г., Кошка А. В., Тикунов В. С. Геоінформатика: навч. посіб. Київ: Академія, 2015. 496 с.
31. Качинський А. Б. Екологічна безпека України: системний аналіз перспектив покращення. Київ: НІСД, 2021. 30 с.
32. Кліматичні показники. URL: <https://ua.climate-data.org/> (дата звернення 30.03.2022).
33. Книжников Ю. Ф., Кравцова В. І., Тутубаліна О. В. Аерокосмічні методи географічних досліджень. Київ: Академія, 2017. 416 с.
34. Ковалевич Л. А. Теоретичні узагальнення ознак і критеріїв пошуку та оцінка родовищ. *Вісник ЖДТУ*. Серія «Технічні науки», 2021. 78 с.
35. Крейдер О. А. Інформаційне середовище використання ГІС-технологій. *Геоінформатика*, 2018. № 4. С. 49-52.
36. Крюковська О. А., Толок А. О. Безпека життєдіяльності: Навч. посібник. Київ: Знання, 2014. 215 с.

37. Курач Т. М. Цифрове оброблення та дешифрування знімків: конспект лекцій. Київ: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2021. 50 с.
38. Курбатова А. С., Баранникова Ю. А., Павлов Н. В. Роль екологічного картографування у вирішенні містобудівних завдань. *Інформаційний бюлетень*. 2015. № 4. С. 19.
39. Макарова Л. Н. Застосування технічних засобів на уроках географії. *Питання Інтернет-освіти*. 2016. № 36. С. 45-49.
40. Макаров В. З., Новаковський Б. А., Чумаченко А. Н. Еколого-географічне картографування міст. Харків: Науковий світ, 2012. 164 с.
41. Мареха І. С., Мешеніна Н. В. Аналіз підходів до визначення еколого-економічних систем. *Сталий розвиток та екологічна безпека суспільства в економічних трансформаціях*: матеріали Другої наук.-практ. конф., 23-24 вересня 2010 р. Сімферополь: Фенікс, 2010. С.147-148.
42. Маринич О. М. Волинське Полісся. Енциклопедія Сучасної України НАН України, НТШ. Київ: Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2016. 116 с.
43. Мартинюк В. О., Петрик М. Ф. Використання засобів дистанційного зондування землі для оцінки масштабів весняного водопілля на річці Случ. *Тренди та перспективи розвитку мультидисциплінарних досліджень*: матеріали II Міжнародної студентської наукової конференції (Т. 2), м. Чернігів, 15 жовтня, 2021 рік. Молодіжна наукова ліга. Вінниця: Європейська наукова платформа, 2021. С. 115-117.
44. Мартинюк В. О. Регіональне ландшафтно-гідрографічне ГІС-моделювання поверхневих вод Полісся. *Прыроднае асяроддзе Палесся: асаблівасці і перспектывы развіцця* : зб. навук. прац. Палескі аграрна-экалагічны інстытут НАН Беларусі; рэдкал. М.В. Міхальчук (гал. рэд.) Брэст: Альтернатива, 2018. Вып. 11. С. 70–73.
45. Метеопост: погода у Ковелі. URL: <https://meteopost.com/city/26686/ua/> (дата звернення 13. 04. 2022).

46. Навчальна програма з географії (рівень стандарту) для 10-11 класів загальноосвітніх шкіл, затверджена Наказом Міністерства освіти і науки № 1407 від 23 жовтня 2017 року. URL: <https://osvita.ua/school/program/program-10-11/58909/> (дата звернення 25.03.2022).
47. НАСА LaRC. Гео-Мис. URL: <https://geo-cape.larc.nasa.gov/> (дата звернення 18.04.2022).
48. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки України в 2013 році. Київ: Видавництво МНС, 2013. 542 с.
49. Петрик М. Ф., Чекалова О. М. Геоекологічні проблеми поліського регіону пов'язані з незаконним видобутком бурштину. *Наука сьогодення: від досліджень до стратегічних рішень*: матеріали II Міжнародної студентської наукової конференції, м. Умань, 24 вересня, 2021 рік. Молодіжна наукова ліга. Вінниця: Європейська наукова платформа, 2021. С. 157-159.
50. Плохій С. Чорнобиль. Історія ядерної катастрофи. Київ: КНУБА, 2019. 400 с.
51. Політаєв А. М., Присяжнюк С. П. Проблеми стандартизації в області дистанційного зондування Землі. *Сучасні проблеми дистанційного зондування Землі із космосу*. Випуск 4. Том 1. 2017. С. 133-137.
52. Пономарьова О. В. Довкілля. Оцінка ризику для здоров'я (світовий досвід). Київ: ВІПОЛ, 2017. С. 47-86.
53. Посібник з участі громадськості щодо оцінки впливу на довкілля у транскордонному контексті. URL: <https://unece.org/page404/node> (дата звернення 25.04.2022).
54. Європейська обсерваторія. URL: <https://www.copernicus.eu/en/about-copernicus> (дата звернення 29.04.2022).
55. Про Стратегію сталого розвитку України до 2030 року. Проект Закону України від 07.08.2018 № 9015 (Одержаний ВР України). URL: <https://ips.ligazakon.net/document/JH6YF00A> (дата звернення 24.04.2022).

56. Результати відібраних проб на підприємстві «Swisspan» в м. Костопіль Рівненського району. URL: <https://ogo.ua/images/articles/1/big/1465550046.jpg> (дата звернення 17.04.2022).
57. Рівненське обласне управління лісового та мисливського господарства. URL: <http://www.rivnelis.gov.ua> (дата звернення 19.04.2022).
58. Розен В. П., Соловей О. І., Чернявський А. В. Організаційно-методичні засади впровадження енергетичного менеджменту на підприємстві. Стратегія енергозбереження в Україні: Аналітично-довідкові матеріали в 2-х томах: Механізми реалізації політики енергозбереження. Київ: Академперіодика, 2016. Т. 2. С. 29-52.
59. Ставрова О. Б. Сучасний урок технології із застосуванням комп'ютера. *Сучасна школа*. 2019. № 3. С. 14-19.
60. Тюфлін Ю. С. Фотограмметрія — вчора, сьогодні та завтра. *Вісні вищих навчальних закладів*. Геодезія та аерофотозйомка. 2013. № 2. С. 3-8.
61. Уваров О. І. Комп'ютерна комунікація у навчальному процесі. *Педагогічна інформатика*. 2013. № 1. С. 34-37.
62. Удянська Є. А., Свирідова А. В. Вплив міського середовища на стан ліхенофлори. Збірник матеріалів VI Міжнародної науково-практичної конференції «Біосферосумісні та середоохоронні технології при взаємодії людини з навколишньою природою». Луцьк, 2021. 14 с.
63. Устименко В. М. Методологічні аспекти щодо визначення екологічних ризиків. Матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. «Система управління екологічними ризиками: наука і практика». Київ, 2017. С. 14-21.
64. Хасаншина Н. В. Геоінформаційні технології як засіб інтеграції знань з інформатики та географії. *Інформаційні технології навчання*. 2016. № 4. С. 11.
65. Хотунцев Ю. А. Екологія та екологічна безпека: навч. посіб. для студентів. 2-е вид. Київ: Видавничий центр «Академія», 2014. 480 с.
66. Черкаський обласний центр контролю та профілактики хвороб Міністерства охорони здоров'я України. URL: <https://cutt.ly/XGJYmgH> (дата звернення 17.04.2022).

67. Яремко З. М. Безпека життєдіяльності: короткий виклад та засоби контролю знань. Навчальний посібник. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2021. 267 с.
68. Яремко З. М. Безпека життєдіяльності. Навчальний посібник. Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2015. 300 с.
69. Ясаманов Н. А. Основи геоєкології: навч. посіб. для екологічних навч. закладів. Київ: Видавничий центр «Академія», 2013. 352 с.