

## ЗАЯВА

Я, Феделінець Софія Валеріївна  
(ПІБ повністю)

Студент групи 8-Інтер

Спеціальності 273 Залізничний транспорт

(код та назва спеціальності)

освітньої програми Інтероперабельність і безпека на залізничному транспорті

(назва освітньої програми)

Освітнього ступеня підготовки магістр

Заявляю, що моя випускна кваліфікаційна робота на тему:

Функціональна модель системи безпеки залізничної  
трамвайної системи на доріжках з

виконана самостійно і в ній не міститься елементів плагіату. Всі запозичення з друкованих та електронних джерел мають відповідні посилання.

Прошу перевірити її на наявність академічного плагіату.

Я ознайомлений з чинним «Порядком перевірки кваліфікаційних випускних робіт здобувачів вищої освіти на виявлення текстових та графічних запозичень засобами перевірки на плагіат», згідно з якими виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску випускної кваліфікаційної роботи до захисту.

Дата 01.12.2021

Підпис

Керівник

Підпис

Соловей І.І.  
(ПІБ керівника)



НАЦІОНАЛЬНА ШКОЛА МАЙСТЕРНОСТІ ТА ПРОФЕСІЙ  
СНАМ, ФРАНЦІЯ

«До захисту допущений»

Завідуючий кафедри:

д-р техн наук, проф. \_\_\_\_\_ Зеленько Ю. В.

(наук. ступінь, вчене звання) (підпис)

(П.І.Б.)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 г.

**ЗАВДАННЯ  
НА ДИПЛОМНУ МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ**

Перегінець Софія Валеріївна

(П.І.Б.)

**1. Тема роботи**

Геоecологічна модель оцінки впливу залізничної  
транспортної системи на довкілля

затверджено наказом по університету

№ 166ст від «09» квітня 2021 р.

**2. Термін подачі студентом закінченої роботи**

«10» листопада 2021 р.

**3. Вихідні дані для роботи**

Нормативно-правові акти у сфері експлуатації та природоохоронної діяльності залізничного транспорту, природоохоронні Директиви ЄС, науково-технічні дослідження у галузі, дані Державних статистичних спостережень, нормативні документи у сфері санітарної та екологічної безпеки, інші

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

Назва розділу	Обсяг %	Рекомендована кількість слайдів
Аналіз проблеми негативного впливу залізничного транспорту на природничі системи	25	1
Характеристики умов формування взаємодії в системі «залізниця-довкілля»	15	2
Сучасні підходи до формування гео-ecологічних техногенно-інфраструктурних моделей	25	2
Природоохоронні стратегії збалансованого розвитку об'єктів залізничної інфраструктури	25	3
Вступ, висновки	10	2
	100	10

Студент

\_\_\_\_\_ С.В. Перегінець

Науковий керівник

\_\_\_\_\_ Л. Й. Солодяк

канд.техн.наук, доцент

## РЕФЕРАТ

Перегінець С. Дипломна магістерська робота на тему «Геоєкологічна модель оцінки впливу залізничної транспортної системи на довкілля»: 82 с., 11 рис., 1 табл., 52 джер.

### ГЕОЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА, ЗАЛІЗНИЧНИЙ ТРАНСПОРТ, ПРИРОДООХОРОННІ СТРАТЕГІЇ, ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ

Об'єкт дослідження – аналіз стану територій впливу дорожньо-транспортного комплексу.

Мета магістерської роботи – розробка геоєкологічної моделі прогнозування техногенного впливу залізничного транспорту на території.

В магістерській роботі було досліджено та проаналізовано підходи до еколого-економічної оцінки функціонування залізничного транспорту на урбанізованих територіях, розглянуто економічний та екологічний аспекти охорони навколишнього середовища та підвищення ефективності природокористування.

За результатами виконання магістерської роботи виявлено умови та форми взаємодії елементів системи природокористування з метою збереження та покращення стану навколишнього середовища на урбанізованих територіях, виходячи з особливостей господарської діяльності залізничного транспорту, задля забезпечення еколого-економічної безпеки країни.

Сформовано загальний теоретико-концептуальний підхід до управління розвитком системи природокористування на залізничному транспорті, визначено основні принципи управління.

## ABSTRACT AND KEYWORDS

GEOECOLOGICAL ASSESSMENT, RAILWAY TRANSPORT,  
ENVIRONMENTAL STRATEGIES, GEOINFORMATION SYSTEMS

The object of research is the analysis of the state of the territories of influence of the road transport complex.

The purpose of the master's work is to develop a geo-ecological model for forecasting the technogeneous impact of railway transport on the territory.

In the master's work the approaches to ecological and economic assessment of railway transport functioning in urban areas were researched and analyzed, economic and ecological aspects of environmental protection and increase of efficiency of nature use were considered.

The results of the master's thesis revealed the conditions and forms of interaction of elements of the nature management system in order to preserve and improve the environment in urban areas, based on the peculiarities of economic activity of railway transport to ensure environmental and economic security.

The general theoretical and conceptual approach to management of development of system of nature management on railway transport is formed, the basic principles of management are defined.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ НА ПРИРОДНИЧІ СИСТЕМИ	
1.1. Аналіз впливу підприємств залізничної інфраструктури на довкілля.	
1.2. Геоecологічна оцінка територій, як інструмент нормування якості довкілля та мінімізації екологічних ризиків.	
1.3. Теоретичні основи забезпечення безпеки перевезень на залізничному транспорті	
2. ХАРАКТЕРИСТИКИ УМОВ ФОРМУВАННЯ ВЗАЄМОДІЇ В СИСТЕМІ «ЗАЛІЗНИЦЯ-ДОВКІЛЛЯ»	
2.1. Аналіз та класифікація вразливостей на залізничному транспорті	
2.2. Дослідження впливу залізниці на особливо охоронювані природні території та визначення шляхів зниження негативного впливу	
3. СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ФОРМУВАННЯ ГЕО-ЕКОЛОГІЧНИХ ТЕХНОГЕННО-ІНФРАСТРУКТУРНИХ МОДЕЛЕЙ	
3.1. Обґрунтування застосування супутникових навігаційних систем для відстеження небезпечних вантажів на залізничному транспорті	
3.2. Зниження часу оперативного реагування на НС із перевезенням ННП з використанням електронних карт вразливості.	
3.3. Ранжування вразливостей території впливу залізниці на основі одиночних матриць уразливості	
4. ПРИРОДООХОРОННІ СТРАТЕГІЇ ЗБАЛАНСОВАНОГО РОЗВИТКУ ОБ'ЄКТІВ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ	
4.1. Теоретичні методи управління розвитком природоохоронної діяльності на залізницях України.	

4.2 Розробка технічних рішень щодо відновлення експлуатаційних властивостей залізничної колії та зниження негативного впливу забруднень на навколишнє природне середовище

ВИСНОВКИ .....	73
БІБЛІОГРАФІЯ.....	74
СПИСОК РИСУНКІВ.....	81
СПИСОК ТАБЛИЦЬ.....	<u>82</u>

## УМОВНІ СКОРОЧЕННЯ

НПС – навколишнє природне середовище

ЄС – європейський союз

ПЕР – паливно-енергетичні ресурси

СНР – супутникові навігаційні системи

ГЛОНАСС – глобальну навігаційну супутникову систему

НВ – небезпечні вантажі

НС – надзвичайна ситуація

ALARA – As Low As Reasonable Achievable

КТК – комплексного територіального коефіцієнта

GPS – Global Positioning System

IAMCAP – INTERNATIONAL AERONAUTICAL AND MARINE  
SEARCH AND RESCUE

СНС – супутникові навігаційні системи

ГІС – геоінформаційними системами

РФ – регіональна філія Укрзалізниці

## ВСТУП

Відповідно до загальноприйнятих уявлень екологія – це наука про взаємодію живих організмів та їх угруповань між собою та навколишнім середовищем [1]. Це швидше біологічне і досить широке поняття часто плутають з охороною навколишнього середовища, що є лише прикладною частиною екології, присвяченої захисту природних екосистем від негативних техногенних впливів [2]. Отже необхідно користуватися терміном «екологічний» саме в цьому сенсі.

Слід також пам'ятати, що, на відміну охорони праці, що займається несприятливими техногенними чинниками, впливу яких піддаються практично здорові працездатні люди, у сферу екології потрапляють самі чинники, але які впливають населення загалом, де є діти, хворі, старі, та інші уразливі об'єкти. Ці чинники надають значно більший вплив. Крім того, така дія може тривати 24 години на добу. У зв'язку з цим санітарні норми для тих самих чинників, які впливають населення, значно жорсткіше, ніж працюючих.

Техногенні фактори (які часто називають забруднювачами), можна розділити на два типи, що принципово відрізняються один від одного: інгредієнтні та енергетичні [3].

Перші являють собою викиди шкідливих речовин в атмосферу, а також забруднення ґрунту та водойм продуктами діяльності рухомого складу та стаціонарними об'єктами інфраструктури залізниць. Їх особливістю є те, що після ліквідації джерела забруднення шкідливі речовини, що потрапили в навколишнє середовище, залишаються і продовжують негативно впливати на природні екосистеми та населення, що проживає поблизу залізниць, при цьому для їх ліквідації потрібні масштабні роботи з очищення.

Енергетичні забруднення, такі як шум або електромагнітні поля, існують лише під час роботи джерел цих забруднень, при вимкненні джерела вони пропадають.



## 1. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ НА ПРИРОДНИЧІ СИСТЕМИ

Функціонування будь-якого елемента техносфери, у тому числі залізничного транспорту, має ґрунтуватися на наступних принципах:

- проведення кількісної та якісної оцінки загального та локального споживання природних ресурсів виходячи з місцевих, регіональних та федеральних можливостей;
- проведення кількісної та якісної оцінки впливу різних видів діяльності суспільства на стан екологічних систем, природних комплексів та природних ресурсів;
- нормування рівня антропогенних впливів від різних видів діяльності суспільства, у тому числі об'єктів залізничного транспорту на природне середовище;
- забезпечення рівноваги в кругообігу речовин та енергії шляхом обмеження впливу на природу, виходячи з її можливостей щодо самоочищення та відтворення;
- обмеження впливу на природне середовище за допомогою різних методів та засобів очищення викидів в атмосферу, стоків у водоймища, відходів виробництва, фізичних випромінювань;
- створення екологічно чистих виробництв, технологій, рухомого складу, обладнання та транспортних систем;
- використання методів екологічної профілактики функціонування галузей та об'єктів залізничного транспорту шляхом виконання природоохоронних заходів та впровадження технологічних засобів;
- безперервний контроль за станом довкілля;
- використання економічних методів в управлінні охороною навколишнього середовища та раціональним природокористуванням.

Невідворотність настання відповідальності порушення правил, норм, законів з охорони навколишнього середовища [5].

Активно формується методологія, аксіоматика, коло розв'язуваних завдань, математичний апарат, практичні програми нової наукової дисципліни – промислово-транспортної екології, що вивчає різні аспекти впливу промисловості та транспорту на навколишнє середовище.

Розвиток теорії та практики менеджменту якості довкілля призводить до формування нових напрямів, які, безсумнівно, потребують свого теоретико-методологічного обґрунтування [6-52]. Одним із таких напрямів по праву вважається екологічний менеджмент якості довкілля на залізничному транспорті. Дискусійність та недостатній ступінь розробленості цілого ряду питань, високі теоретична та практична значимість управління системою природокористування на залізничному транспорті визначили вибір теми дослідження та її основні завдання.

### **1.1. Аналіз впливу підприємств залізничної інфраструктури на довкілля.**

В останні роки класифіковано окремі джерела негативного впливу транспортних об'єктів на довкілля, встановлено причинно-наслідкові зв'язки для керування екологічною безпекою транспортного комплексу. Встановлено міру екологічної безпеки (чистоти) транспортних засобів різного призначення та екологічні вимоги до цих об'єктів, визначено причинно-наслідкові зв'язки впливу на цей показник різних інженерно-технологічних та організаційних факторів.

Екологічні оцінки вже не обмежуються розрахунком валових викидів окремих речовин, ставиться завдання визначення та розрахунку концентрацій домішок в атмосфері на значній площі території з урахуванням трансформації окремих речовин, ризику захворювання людей.

Хоча залізничний транспорт, точніше його рухомий склад, надає несприятливий вплив на всі ланки біосфери, але частка його впливу в

порівнянні з автомобільним істотно менша, по-перше, тому, що він один з найбільш економічних витрат палива на одиницю транспортної роботи, і, по-друге, через широку електрифікацію залізниць [6].

Система природокористування на залізничному транспорті — це система, основною метою розвитку якої є підвищення екологоекономічної ефективності діяльності залізничного транспорту та забезпечення екологічної безпеки урбанізованих територій, що складається з об'єктів залізничного транспорту та навколишнього середовища, елементи та структури яких мають певні властивості, розвиваються, взаємодіють та взаємно впливають одна на одну (рис. 1.1). Тому управління розвитком системи природокористування на залізничному транспорті має спиратися єдиний методологічний підхід, сформований у сфері управління залізничним транспортом.

Ступінь впливу залізничного транспорту на довкілля оцінюють за рівнем витрачання природних ресурсів та рівнем забруднюючих речовин, що надходять у природне середовище регіонів, де розташовані підприємства залізничного транспорту. Усі джерела забруднень довкілля характером функціонування діляться на стаціонарні і пересувні. Стаціонарними джерелами є локомотивні та вагонні депо, заводи з ремонту рухомого складу, пункти підготовки рухомого складу, котельні, пропарювально-просочувальні заводи. До пересувних джерел належать магістральні та маневрові тепловози, колійні та ремонтні машини, автотранспорт, промисловий транспорт, рефрижераторний потяг, пасажирські вагони тощо. У свою чергу, стаціонарні джерела за складністю та кількістю технологічних процесів нерівнозначні і можуть створювати забруднення не одного, а кількох видів.

Отже, забруднення бувають:

- механічні – інертні пилюваті частки в атмосфері, тверді домішки у воді, які не вступають у хімічні реакції;

- хімічні – газоподібні, рідкі та тверді хімічні сполуки та речовини, що взаємодіють з природним середовищем та змінюють його хімічні властивості;
- фізичні (енергетичні) – тепло, шум, вібрація, ультразвук, світлова енергія, електромагнітні та радіоактивні випромінювання, що змінюють фізичні характеристики довкілля;
- біологічні – різноманітні мікроорганізми, бактерії, віруси, що з'явилися в результаті діяльності людини та завдають їй шкоди;
- естетичні – порушення пейзажів, поява звалищ, поганий дизайн, які негативно впливають на людину.

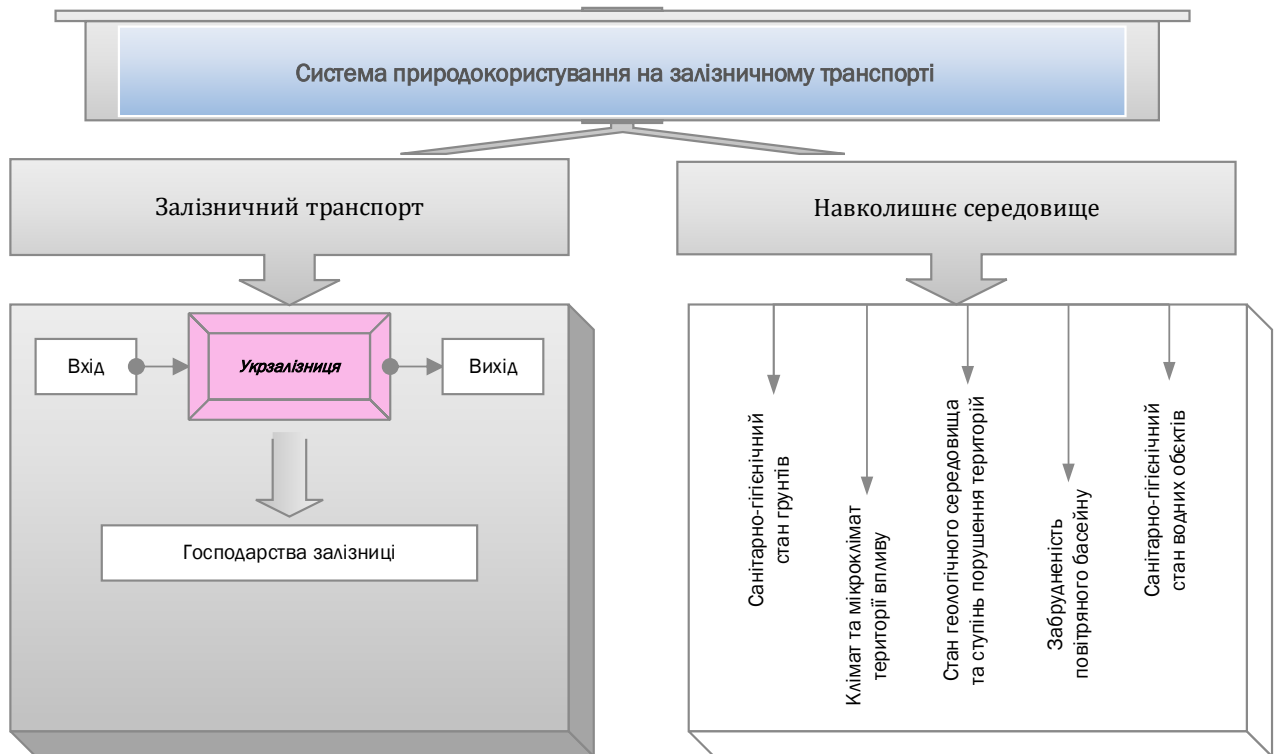


Рис.1.1 – Структурована система природокористування на залізниці

Діяльність залізничного транспорту найбільше відбивається на атмосфері в районах, де як локомотиви експлуатуються тепловози з дизельними силовими установками. Так, основним джерелом забруднення атмосфери під час роботи рухомого складу є відпрацьовані гази тепловозів.

Основний шлях зниження викидів токсичних речовин тепловозами полягає у зменшенні їх утворення у циліндрах двигунів.

Для захисту навколишнього природного середовища необхідно поряд з обмеженням викиду диму боротися з іскрами, джерелами яких є газовідвідні пристрої тепловозів, чавунні гальмівні колодки локомотивів і вагонів. Іскри можуть бути причиною пожеж на територіях, що примикають до залізниць. Обмежити іскровиділення з газовідвідних пристроїв, що свідчить про не повне згоряння палива, можна здійсненням заходів, спрямованих на покращення теплотехнічного стану тепловозів, а також встановлення іскрогасників. Атмосферне повітря переважно складається з двох компонентів, а саме: азоту (78,09%) та кисню (20,95%). У невеликих кількостях у повітрі містяться інертні гази (неон, криптон, ксенон), вуглекислота та деякі інші.

З розвитком економіки та зростанням населення наростаючими темпами збільшується витрата повітря, точніше атмосферного кисню. При цьому спостерігається зміна складу повітря та його забруднення шкідливими речовинами. У сучасних великих промислових та густонаселених центрах склад повітря суттєво відрізняється від середньої структури атмосфери Землі. Промислові центри та індустріальні міста, образно кажучи, накриті, наче гігантським ковпаком завтовшки сотні і тисячі метрів, хмарами з задушливого, отруєного газами та аерозолями повітря [2].

Вчені відзначають процес насичення атмосфери вуглекислим газом, що прискорюється, за рахунок скорочення питомого вмісту в ній кисню.

Крім вуглекислоти, повітряний океан забруднюється шкідливішими для здоров'я людей і всього тваринного світу речовинами. Серед них слід виділити окис вуглецю (чадний газ), сірчисті сполуки, вуглеводні, що не згоріли, оксиди азоту, тверді аерозолі (зола, сажа, пил).

В даний час головними джерелами забруднення повітряного басейну є промислові підприємства та транспорт.

Необхідно відзначити, що розміри впливу різних видів транспорту на атмосферу неоднакові і залежать від особливостей та розвитку того чи іншого транспорту.

У відпрацьованих газах транспортних двигунів, крім парів води, виявлено понад 200 хімічних сполук та елементів. Найбільш шкідливими і небезпечними для здоров'я людей і тваринного світу вважають окис вуглецю, оксиди азоту, сірчисті сполуки та вуглеводні, що не згоріли.

В даний час вживаються конкретні необхідні заходи боротьби із забрудненням повітряного басейну, проте проблема залишається гострою і потребує подальших зусиль для свого вирішення.

Завдання зниження забруднень атмосфери можна розглядати стосовно стаціонарних транспортних підприємств і до рухомих транспортних засобів. Одним із найбільш доступних засобів зниження рівня забрудненості повітря в містах та промислових центрах вважається спорудження в системі паливоспалювальних установок підприємств транспорту та промисловості високих димових труб. Піднімаючи продукти згоряння на більшу висоту, такі труби сприяють розсіюванню їх на більш значних територіях, що суттєво знижує концентрацію шкідливих домішок в атмосфері міст. Однак вони не забезпечують кардинального вирішення проблеми.

Очищення газів, тобто. уловлювання шкідливих компонентів димових газів, що входять до складу, – завдання складне і капіталомістке. Очищення відпрацьованих газів від пилу (твердих аерозолів) здійснюється за допомогою електрофільтрів та тканинних фільтрів із термостійких матеріалів (включаючи металеві).

В даний час у всьому світі ведуться дослідницькі та конструкторські роботи, спрямовані на зменшення та запобігання забруднення атмосфери транспортними засобами. Найбільшої уваги вчених, конструкторів та інженерів потребує залізничний транспорт.

Велике значення зменшення забруднення атмосферного повітря відпрацьованими газами має повсякденний технічний контроль стану локомотива. Всі локомотивні господарства повинні стежити за справністю машин, що випускаються на лінію. При справному, добре відрегульованому двигуні у газах, що відпрацьовали, окису вуглецю повинно міститися не

більше допустимої норми. Низький рівень технічного обслуговування призводить до розладу роботи вузлів та систем тепловоза. В результаті викиди шкідливих речовин у таких локомотивів зростають набагато перевищуючи встановлену для даного типу тягового рухомого складу норму.

В даний час впроваджуються нові технології в галузі залізничного транспорту, а конкретніше на тепловозну тягу з метою зменшення втрат енергії та як наслідок зниження неякісного згоряння палива. Від якісного згоряння палива в першу чергу знижується згубний вплив газів, що відпрацювали на атмосферу, також відбувається економія паливно-енергетичних ресурсів. З цього випливає, що необхідно знижувати рівень споживання палива тепловозами [4]. Розглянута проблема актуальна зараз. Залізничний транспорт є найбільшим споживачем енергоресурсів. Витрати на паливно-енергетичні ресурси (ПЕР) становлять загалом мережі залізниць приблизно 11,2% від загальногалузевих експлуатаційних витрат, їх на тягу поїздів витрачається 72,2%. Тепловозною тягою виконуються перевезення пасажирів та вантажів, а також маневрові роботи на станціях та шляхах промислового залізничного транспорту. З метою скорочення непродуктивних втрат енергії рекомендовано застосування у локомотивних депо систем енергетичної діагностики та оцінки енергетичної ефективності тягового рухомого складу, у тому числі в частині оперативної оцінки та діагностики теплотехнічного стану тепловозів в експлуатації. Бережне використання паливно-енергетичних ресурсів – одне із найважливіших завдань для підприємств Укрзалізниці. Паливно-енергетичні ресурси – не безмежні.

Економія дизельного палива на тепловозах залежить від хорошого технічного стану локомотива, вмілого водіння поїздів бригадами, правильної організації формування поїздів та багатьох інших чинників. Поряд з цим найважливішим джерелом економії та дбайливого використання палива є зниження кількісних та якісних втрат палива при транспортуванні, зливів, зберіганні та видачі його на тепловози [3].

До основних вузлів і апаратів дизеля, які безпосередньо впливають на витрату палива, відноситься головним чином паливна апаратура. Так, наприклад, від незадовільного притирання голки до корпусу розпилювача форсунки, надмірно великого зазору між голкою та її напрямною, нечіткого упорскування, від зависання плунжера та втрати щільності плунжерної пари паливного насоса значною мірою відбувається перевитрата дизельного палива.

Велику роль економному витраті палива грає циліндро-поршнева група. Відомо, що від зношування циліндрових гільз, поломки або пригорання поршневих кілець погіршується щільність циліндрів, знижується тиск стиснення, внаслідок чого порушується нормальний процес згоряння палива. При всіх випадках порушення нормального процесу згоряння палива погіршується економічність дизеля та збільшується димність випускних газів. Димлення дизеля найбільш наочно показує марне викидання палива в атмосферу, яке за нормальних умов роботи двигуна могло бути використане раціонально. Крім того, при димленні забруднюється дизельне масло, внаслідок чого погіршуються його фізико-хімічні властивості, збільшується зношування деталей, скорочується їх термін роботи.

Значні втрати становлять при зливів, зберіганні та заправці палива в баки тепловозів. Це відбувається через несправність обладнання та резервуарів, погане з'єднання трубопроводів, неправильне використання шлангів, перенаповнення баків тепловозів, недолив палива при зливів з цистерн та інших причин. Великі втрати палива складають під час заправки тепловозів. На перший погляд, ці втрати є незначними, але насправді вони дуже суттєві і становлять в середньому по мережі залізниць сотні тон [1].

Стан навколишнього середовища при взаємодії з об'єктами залізничного транспорту залежить від інфраструктури будівництва залізниць, виробництва рухомого складу нового покоління, виробничого обладнання та інших пристроїв, інтенсивності використання рухомого складу та інших об'єктів на залізницях, результатів наукових досліджень та їх впровадження

на підприємствах та об'єктах. галузі. Таким чином, перед залізничним транспортом, враховуючи його специфічні особливості, стоять можливо більш важкі завдання щодо підвищення ефективності своєї роботи при забезпеченні чистоти біосфери і раціонального використання всіх природних ресурсів, ніж в інших галузях народного господарства [7]. Забезпечити рівновагу у природі можна з допомогою правових, соціально-економічних, організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних, біологічних та інших методів. Правові методи регламентують норми та порядок природокористування виходячи з умови збереження відносної рівноваги у навколишньому середовищі. Соціальні методи ґрунтуються на відповідальності всіх верств суспільства за стан охорони навколишнього середовища. Економічні методи передбачають певні види витрат за збереження рівноваги навколишнього середовища, раціональну плату за ресурси, відшкодування збитків. Організаційні методи засновані на науковій організації природокористування та виконанні адміністративних та правоохоронних заходів щодо запобігання шкідливому впливу на навколишнє середовище. Технічні методи засновані на створенні нових технологій та виробничого обладнання, що зменшують шкідливий вплив на природне середовище, впровадження ефективних засобів очищення викидів в атмосферу та скидів у водойми. Санітарно-гігієнічні методи передбачають обов'язковий контроль за станом довкілля з метою своєчасного вжиття заходів щодо запобігання шкідливому впливу забруднень на людей та природу.

Як автомобільний, так і залізничний транспорт являють собою потужні джерела забруднення придорожніх просторів нафтопродуктами. Причому, з одного боку, залізничний транспорт перевершує автомобільний за рівнем навантаження, з другого - він менш небезпечний, оскільки є джерелом нафтопродуктів, що не зазнали трансформації при високих температурах, як це відбувається з вуглеводнями в автомобільних двигунів. Останні постачають у довкілля більш токсичні з'єднання, ніж вихідні продукти, і,

крім того, це легкі та рухливі поліютанти, які активно включаються в міграційні потоки речовин у ґрунтовому профілі, не затримуючись на сорбційних бар'єрах.

Найбільшою мірою схильні до забруднення простору, безпосередньо прилеглі до джерел викидів. Тут спостерігається так зване динамічне накопичення нафтопродуктів у ґрунтах, коли швидкість їх надходження вища за швидкість міграції. На узбіччя доріг виносяться найважчі та малорухливі фракції нафтопродуктів, які накопичуються в концентраціях, у десятки та сотні разів перевершують фоновий рівень.

Очевидно, що надходження забруднюючих речовин на прилеглі території відбувається двома шляхами: змив із поверхні транспортних магістралей опадами та перенесення фракцій з низьким тиском парів повітряними потоками. Другий шлях зумовлює присутність забруднювачів на значній відстані (до 1 км) від джерела викидів. При цьому дослідження показали, що дуже ефективним перешкодою, що екранує надходження нафтопродуктів на прилеглі до доріг простори є рослинність.

Забруднювачі, надходячи на поверхню ґрунту, включаються до процеси міграції речовин, що відбуваються під впливом руху вологи. Вміст забруднюючих речовин на поверхні та в глибині ґрунтового профілю, як правило, неоднаково. Це факт пояснюється існуванням у ґрунті бар'єрів, серед яких найбільш значущі сорбційні - гумусові та ілювіальні. Різні фракції нафтопродуктів по-різному взаємодіють із геохімічними бар'єрами. Важкі фракції малорухливі і швидко осідають в сорбційних бар'єрах, зумовлюючи накопичення нафтопродуктів у гумусованих горизонтах. Легкі фракції рухливі та слабо закріплюються на бар'єрах. Вони легко мігрують із струмами вологи вглиб ґрунтового профілю та виявляються на значній відстані від джерела надходження.

Серед компонентів живої речовини біосфери найбільше істотний внесок в акумуляцію та знешкодження вносить рослинність. Враховуючи

всю багатогранність дії, роль ефективного природного фільтра здатні виконувати різні рослини.

Прилеглі до залізничного полотна просторові системи зазнають сильного техногенного впливу транспорту, що призводить до ослаблення сформованих природних угруповань.

## **1.2. Геоекологічна оцінка територій, як інструмент нормування якості довкілля та мінімізації екологічних ризиків.**

Геоекологічна оцінка території – це визначення ступеня придатності природно-територіальних умов життя і діяльності. Основою геоекологічних досліджень є диференціація території з оцінкою стану ландшафтів та його компонентів.

Геоекологічна оцінка показує ступінь антропогенного на ландшафт і його стійкість до цього впливу. Диференціація території дає змогу визначити екологічно значущі властивості ландшафту. Територіальне планування та господарська діяльність здійснюються у певних адміністративно-господарських межах, що не збігаються з природними, тому ключового значення набувають однорідні одиниці поділу природних систем – ландшафтна фація, біоценоз та ін. зовнішнього впливу. До природних змін параметрів навколишнього середовища відносяться природні фактори, які вони стійкі і не вимагають антропогенного втручання.

Деградацію природних систем викликають різноманітні процеси. Тільки щодо деградації ґрунтів фахівці розглядають близько 60 екзогенних процесів. З позиції можливого впливу людини їх поділяють на 4 групи:

- руйнівні процеси, незалежні від людини – тектонічні рухи, землетруси, вивітрювання ґрунтів;
- руйнівні процеси, які певною мірою визначаються антропогенним фактором – ерозія ґрунтів, осипи, селі, заболочування;
- руйнівні процеси, безпосередньо спричинені антропогенним фактором – вторинне засолення ґрунтів,
- депресійні вирви, антропогенний термокарст;
- безпосередньо руйнівні антропогенні процеси – затоплення та забруднення ґрунтів, деградація ґрунтів при використанні добрив та пестицидів, меліоративні роботи.

Відповідно до концепції сталого розвитку важливо проводити комплексну оцінку особливостей території як єдиної «соціоприродної» системи. Стійкість ландшафту до антропогенного впливу пропонується розглядати з 2 позицій:

- визначення ступеня стійкості ландшафту щодо того чи іншого конкретного впливу або типу впливу – руйнація ландшафту відбувається тоді, коли межа його стійкості пройдено і зміни, що відбулися, стають незворотними;
- коли антропогенний вплив на відносну чи потенційну стійкість ландшафту розглядається у загальному вигляді, а не конкретно.

Ландшафт з його природним потенціалом є по суті природним потенціалом сталого розвитку будь-якої території, яку людина використовує у своїх цілях. Показником стійкості ландшафту, його екологічного потенціалу є величина первинної біологічної продуктивності.

До принципів геоecологічної оцінки відносяться:

- системний принцип, коли об'єкт розглядається як сукупність інтегральних ознак та властивостей;
- генетична ознака пов'язана з вихідним станом явища;
- антропоecологічна ознака враховує умови проживання та стан здоров'я людей;
- інформаційна ознака передбачає реєстрацію стійких ознак, що спираються на емпіричну базу;
- конструктивна ознака – вибір шляхів гармонізації між взаємовідносинами природи та суспільства.

При геоecологічній оцінці території повинні проводитися дослідження природних та антропогенних факторів. Природні фактори включають природно-ландшафтну диференціацію та потенціал стійкості ландшафтів до впливів людини, а антропогенні фактори включають вид використання території та ступінь її антропогенного навантаження.

Критерієм порушення компонентів ландшафту є функціональне значення території. Забруднене повітря негативно впливає на все живе в процесі прямого контакту і в результаті випадання шкідливих речовин з атмосфери та вторинного забруднення території. Дослідження щодо оцінки забруднення повітряного басейну промислового міста дозволяють зробити висновок про те, що поєднання метеоумов та особливостей міської забудови можуть призвести до небезпечного забруднення повітря, що необхідно враховувати при оцінці його забруднення.

Геоекологічне неблагополуччя водойм оцінюється за надходженням у них забруднюючих речовин різного ступеня небезпеки, а оцінки геоекологічного стану використовують рівні забруднення особливо небезпечними речовинами – нафтою і нафтопродуктами, фенолами, важкими металами. Щоб оцінити антропогенне навантаження на водні об'єкти вивчаються показники прямого та непрямого впливу.

Показниками прямого впливу є обсяги забору води та скидання стічних вод, а непрямі показники включають площадну та лінійну дію на водозбірному басейні – це чисельність населення, його щільність, структура сільгоспугідь, використання добрив, застосована агротехніка та інші.

Головним критерієм оцінки деградації ґрунтів є втрата родючості. До інших критеріїв відносяться величина її забруднення, зміна складу в результаті ерозії, дефляції, висушування, засолення, заболочування.

Екологічна оцінка стану міських ґрунтів дозволила отримати дані, що провідним фактором територіальної неоднорідності є сучасна функціонально-планувальна структура міста, яка визначає головні напрямки зміни ґрунтів та вимоги до їх екологічної оцінки.

Наука – «екологія», що вивчає відносини організмів між собою та з навколишньою їх неорганічною природою; загальні закони функціонування екосистем різного ієрархічного рівня є однією з найбільш затребуваних в даний час.

Стійке функціонування біосфери як цілісної системи забезпечує умови життя людства як із складових частин глобальної екосистеми. Нерозуміння законів функціонування екосистем різного рівня або їх недостатній облік стали причинами сучасного кризового стану біосфери. Проблема екологічної безпеки в наші дні набула загального, у тому числі політичного значення, ставши на один рівень із проблемою ядерної безпеки. Однак уявлення про те, що екологічні проблеми зводяться лише до боротьби із забрудненням середовища, помилково і гальмує створення глобальної системи екологічної безпеки. Щоб вийти з екологічної кризи, необхідно пізнати та практично використати фундаментальні закони формування, стійкості та методів раціональної експлуатації природних екологічних систем.

Як предмет дослідження геоєкології, прийнятного для широкого спектра наук, розглядають вектори стійких тенденцій еволюційних чи антропогенних змін довгостроково стабільних, найбільш екологічно значимих екопараметрів екосфери і пов'язаних із нею змін якості та комфортності екосистем, ландшафтів – довкілля біоти й людини.

До довгостроково стабільних нами віднесено екопараметри, що зберігають відносну стійкість (у межах природних флуктуацій, що не супроводжуються корінними змінами природних процесів, структури зональних біомів, екосистем, ландшафтів, що еволюційно склалася) протягом тривалого часу. Наприклад, є підстави вважати, що зональні параметри гідротермічних коефіцієнтів у ландшафтній сфері не зазнавали істотних змін протягом останніх 10 тисяч років.

Різноманітність, складність первинних та вторинних геосфер та геотехнологічних процесів, що сформували геоєкосферу, дозволяють розглядати її як суперполіпараметричну глобальну геокомплексну систему.

Геоєкологія покликана вирішувати такі завдання:

- дослідження джерел антропогенного впливу на природне середовище та біосферу, їх інтенсивності та просторовочасового розподілу.
- створення та оптимізація геоінформаційних систем, що забезпечують безперервний контроль за станом природного середовища (біосфери), в основі яких лежить його моніторинг у різних організаційних формах.
- вивчення рівня забруднення та деструкції компонентів глобальної геосистеми (атмосфери, Світового океану, внутрішніх вод, літосфери, кріосфери, біосфери), постійний та повсюдний контроль їхньої динаміки.
- вивчення екологічного навантаження на природні ландшафти та їх функціонування як екосистем, нормування та регулювання навантажень на екосистеми різних ієрархічних рівнів, дослідження «відгуку» біосфери на антропогенні процеси різного характеру.
- оцінка, прогноз та моделювання наслідків антропогенних впливів, що виявляються у зміні стану компонентів глобальної та регіональних геосистем, у зміні інтенсивності процесів тепло-масо-енергообміну між ними для різних часових масштабів.
- географо-екологічне дослідження стійкості природного середовища, підданого антропогенному впливу.
- розробка рекомендацій щодо збереження цілісності природного середовища та біосфери шляхом оптимізації господарської діяльності людського суспільства та регламентації ресурсоспоживання.

Геоекологічний прогноз – це передбачення поведінки екосистем, що визначається природними процесами та впливом на них антропогенних факторів.

Мета геоекологічного прогнозування – отримання імовірнісних суджень про характер і параметри екологічної обстановки, яка може скластися у вигляді антропогенного впливу.

Принципова схема геоекологічного прогнозування представлена рисунку 1.2, яка включає таке: моніторингову інформацію ( $x_i$ ); частку суб'єктивної інформації, що виражається у теоретичних уявленнях про об'єкт геоекологічного прогнозування ( $z_i$ ); прогноз ( $y_i$ ) параметра  $Y$ , що цікавить, і алгоритм (спосіб) синтезу математичної моделі ( $R_i$ ).

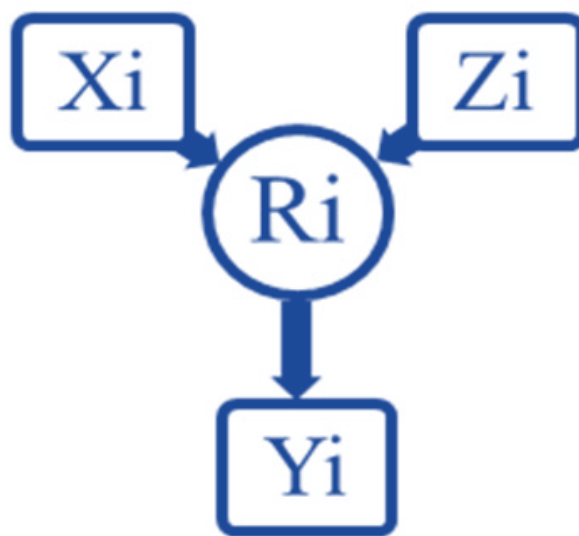


Рисунок 1.2 – Принципова схема геоекологічного прогнозування

Грунтуючись на моніторинговій інформації ( $x_i$ ) та теоретичних уявленнях про об'єкт геоекологічного прогнозування ( $z_i$ ), вибирається алгоритм (спосіб) синтезу математичної моделі  $R_i$ .

Процес геоекологічного прогнозування, на думку автора, представлений сімома етапами (рисунок 1.3). Перший етап - визначення прогнозованої характеристики та тимчасового терміну прогнозування.



Рисунок 1.3 – Етапи геоекологічного прогнозування

Другий етап – виробництво геоекологічного моніторингу, який включає: оцінку природних умов району розташування техногенного підкомплексу; оцінку існуючого техногенного навантаження від інших видів

господарської діяльності; визначення характеру впливу проектного (будується, що функціонує) об'єкта на навколишнє природне середовище з урахуванням даних про його призначення та специфіки експлуатації, виду та інтенсивності емісії забруднюючих речовин, параметрів передбачуваного порушення природних умов району впливу; встановлення параметрів і меж екологічної системи та її компонентів, які під вплив об'єкта; визначення значимості окремих природних компонентів, що взаємодіють із об'єктом впливу. Також даний етап включає обробку вихідних даних, отриманих у ході геоecологічного моніторингу, яка виражена в математико – статистичній обробці із застосуванням програмних комплексів та еколого – геохімічного аналізу відібраних проб.

Третій етап - вибір прогнозованої геоecологічної моделі, яка б враховувала особливості структури та властивості об'єкта прогнозування, які можуть впливати на результати прогнозування.

Четвертий етап – безпосереднє застосування прогнозованої моделі.

П'ятий етап – верифікація прогнозованої моделі шляхом порівняння результатів прогнозування із результатами геоecологічного моніторингу.

Шостий етап – прогноз показників об'єкта дослідження. Перехід до цієї моделі можливий за позитивного результату верифікації конкретної моделі.

Сьомий етап – оцінка похибки геоecологічного прогнозування.

За умови, що величина похибки більша за встановлену норму, слід з сьомого етапу перейти до п'ятого. Логічним завершенням геоecологічного прогнозування є використання результатів прогнозування в проектно – розвідувальні роботи.

За масштабами прогнозованих явищ розрізняють глобальний, регіональний, національний та локальний геоecологічні (екологічні) прогнози.

Глобальний геоecологічний (прогноз – геоecологічний) прогноз складає рівні біосфери. Регіональний геоecологічний прогноз – геоecологічний прогноз у межах кількох країн, одного материка, океану, моря, великого озера. Національний геоecологічний прогноз – геоecологічний прогноз у межах держави. Локальний геоecологічний прогноз – геоecологічний прогноз окремих територій межах адміністративно – територіальних одиниць.

За тривалістю прогнозованих явищ розрізняють оперативний (до 1 місяця), короткостроковий (від 1 до 12 місяців), середньостроковий (від 1 до 5 років), довгостроковий (від 5 до 15 років) та далекостроковий (понад 15 років) геоecологічні прогнози [6, 15, 44, 51].

Геоecологічне прогнозування має низку проблем, які можна об'єднати у такі напрямки:

- збір та аналіз емпіричної інформації; конструювання предикторів, адекватних вирішуваній проблемі; вибір предикторів.
- якість та тип геоecологічної прогнозної моделі визначається такими обставинами:
- мета дослідження; обсяг та якість відомостей про досліджувану систему; використання сучасних теоретичних уявлень; досвід застосування прогнозних моделей.

Основними факторами, що знижують достовірність геоecологічних прогнозів, є:

- відсутність достовірних даних про вплив проєктованого об'єкта на
- середовище та її реакції у відповідь; невідповідність даних про екологічну систему видів впливу та пара-
- метрам середовища, що зачіпається; несистематичність спостережень за параметрами екологічних систем;

невідповідність застосовуваних способів моніторингу;  
недосконалість методів оцінки інформації [44].

### **1.3. Теоретичні основи забезпечення безпеки перевезень на залізничному транспорті**

Для вирішення питання мінімізації ризиків надзвичайних ситуацій, наприклад, під час перевезення нафтопродуктів необхідно розглянути понятійний апарат та теоретичні засади забезпечення безпеки в аспекті обраної мети роботи.

Основний постулат – функціонування залізничного транспорту, як та інших видів транспорту, має забезпечувати необхідний рівень транспортної безпеки.

Безпека – захист людини від надмірної небезпеки, а небезпека – вплив на людину несприятливих і несумісних із життям факторів або знижують якість життя [47].

Транспортна безпека - стан транспортної системи країни, що дозволяє забезпечувати національну безпеку та національні інтереси в галузі транспортної діяльності, стійкість транспортної діяльності, запобігати (мінімізувати) шкоду здоров'ю та життю людей, шкоду майну та навколишньому середовищу, загальнонаціональні економічні збитки при транспортній діяльності [23] .

Заходи щодо забезпечення безпеки ґрунтуються на визначенні ступеня ризику або, іншими словами, мірі небезпеки виникнення аварій та забезпечення її прийняттого рівня, необхідного для рівноважного стану системи антропогенно-природної взаємодії.

Ризик - це кількісна міра небезпеки, що поєднує у собі частоту чи ймовірність небезпечного чи несприятливого події та тяжкість (серйозність) його наслідків [26].

Забезпечення нульового ризику, тобто абсолютної безпеки в діючих системах, неможливе на підставі багатфакторності або багатопричинності небезпек.

Розглядаючи проблему ризику та забезпечення технологічної безпеки на залізничному транспорті, необхідно приділити увагу процесу

ідентифікації небезпек та оцінки ризику для персоналу, населення, об'єктів, навколишнього природного середовища та інших об'єктів розгляду. Іншими словами, необхідний комплексний підхід до вивчення та обліку різноманітних факторів, що формують показники ризику.

Цей процес називається аналізом ризику. Таким чином, аналіз ризику — це процес визначення небезпеки та оцінка передбачуваних негативних наслідків при порушенні роботи технологічних систем, що розглядаються, а також подання цих наслідків у кількісних показниках [24, 31, 41].

У загальному вигляді алгоритм аналізу ризику можна записати у вигляді:

### **Ідентифікація небезпек → Аналіз частоти → Аналіз наслідків**

Основним елементом аналізу ризику є ідентифікація небезпеки, виявлення можливих порушень, що ведуть до негативних наслідків

Алгоритм першого етапу – ідентифікації можна записати у вигляді:

### **Виявлення небезпеки → Оцінка вразливості → Розробка рекомендацій**

На етапі виявлення проводиться аналіз інформації про події, формулювання небезпек та визначення вразливостей, властивих системі залізничних перевезень. Слід зазначити, що не виявлені на цьому етапі небезпеки суттєво знижують ефективність заходів щодо мінімізації ризику.

Аналіз відомостей про надзвичайні ситуації дозволяє визначити загальну структуру надзвичайних подій (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 – Структура надзвичайних подій

Джерело події	Частка у загальній кількості, %
Техногенний	64
Природний	32
Соціальний (включаючи тероризм)	4

Із загальної структури можна виділити пріоритети у розподілі зусиль щодо підвищення рівня транспортної безпеки.

Переважає відсоток подій є техногенним за природою, що дозволяє зробити висновок, що основні зусилля мають бути сконцентровані у сфері техніко-технологічного фактору транспортної безпеки.

Після аналізом ризику необхідно проводити оцінку ризику.

Оцінка ризику - процес, який використовується для визначення величини ризику аналізованої небезпеки, що впливає на здоров'я людини, що завдає шкоди матеріальним цінностям, навколишньому природному середовищу та в інших ситуаціях при реалізації небезпеки [40].

На етапі оцінки ризику небезпеки на залізничному транспорті оцінюються з урахуванням критеріїв прийнятного ризику. Пріоритетну увагу на цій стадії необхідно приділяти небезпекам з неприйнятно високим рівнем ризику, з подальшою розробкою заходів для зниження цих небезпек до нормативного рівня.

Результати оцінки ризику виражаються у якісних та кількісних показниках. Виділяють два основних напрямки в оцінці ризику.

Логіко-імовірнісний, в його основі лежать два поняття: ступінь ризику та рівень безпеки на основі статистики поломок та аварій та ймовірнісного аналізу безпеки. Рівень безпеки системи можна описати формулою:

$$\Xi(y) = 1 - \Psi(y) \quad (1.1)$$

де  $y$  - логічна функція, що характеризує функціонування системи забезпечення безпеки,  $\Psi(y)$  - ступінь ризику,  $\Xi(y)$  - рівень безпеки [41].

Такий підхід може включати побудову дерев подій і дерев відмов на підставі орієнтованих графів [107]. В основі лежить постулат, що будь-яка

зовнішня вражаюча дія на один з елементів системи обов'язково позначиться, певним чином, на показниках надійності елементів і всієї системи.

В цьому випадку дерева подій визначають, яким чином може трансформуватися відмова техніки, дерева відмов показують логічний взаємозв'язок між неполадками технічної системи, що призводять до виникнення НС. На основі цих дерев визначається ймовірність реалізації кожної гілки, і в результаті - загальна ймовірність аварії [ 41].

Недоліком є складність математичного апарату, не повний обсяг і достатня достовірність вихідних даних.

Експертний підхід, коли ймовірності, зв'язки між подіями та наслідками аварій визначаються на основі експертних опитувань. Недоліком цього є залежність від вибору експертів, їх рівня кваліфікації, досвіду і володіння вихідною інформацією.

Слід зазначити, що величина ризику - це вектор, що складається з декількох компонентів, що визначає багатокритеріальний підхід прийняття рішень, що базується на синергічних принципах [21].

У забезпеченні безпеки залізничного транспорту на етапі використовується концепція " прийняттого " чи допустимого ризику. Концепція походить від терміна – "принцип прийняттого ризику", визначеного як принцип ALARA "As Low As Reasonable Achievable", що перекладається так низько, як це в розумних межах досяжно. Вона базується на соціальному та економічному рівні розвитку галузі і держави в цілому. Основне твердження в тому, що не можна забезпечити абсолютну безпеку на основі використання абсолютно безпечних технологій, але слід досягати такого рівня ризику, з яким на даному етапі суспільство здатне миритися.

Концепція прийняттого ризику, що розглядається, є поєднанням технічних, економічних, соціальних аспектів і характеризується можливістю досягнення стійкості та безпеки перевізного процесу.

Рівень прийняттого ризику може бути оцінений кількісно і може бути забезпечений прийнятному рівні у галузі. Такий підхід ґрунтується на

компромiсi мiж рiвнем безпеки та економiчними можливостями його досягнення [42].

В даний час до загальної структури методiв визначення ризикiв включаються: статистичнi, детермiнованi, iмовiрнiснi, iмiтацiйнi, логiко-iмовiрнiснi та комбiнованi методи.

Видiляються такi категорiї розрахункових ситуацiй ризикiв: гiпотетичнi з гранично малими рiвнями ймовiрностей та максимальними невідновними катастрофiчними збитками; запроектнi з низькими ймовiрностями та з високими та частково вiдновними катастрофiчними збитками; проектнi з певними рiвнями ймовiрностей та з пiдвищеними, але вiдновними кризовими збитками; режимнi - з пiдвищеними ймовiрностями та передбачуваними та вiдновними збитками; штатнi з ймовiрностями, що реалiзуються при нормальних рiвнях функцiонування компонентiв системи та шкодами, що вiдновлюються.

При розглядi критерiїв розрахункових ризикiв  $R(t)$  та нормативних ризикiв  $R_n(t)$  необхідно передбачати визначення основних джерел виникнення ризикiв, розвитку небезпечних процесiв  $R(t)$  та ситуацiй у системi природних  $R_g(t)$ , антропогенних(виконавчих)  $R_a(t)$  та техногенних  $R_t(t)$  ризикiв чи їх комбiнацiй [17].

$$R(t) = R_g(t) + R_a(t) + R_t(t). \quad (1.2)$$

"Прийнятний" ризик характеризується нормами для класiв дiяльностi на основi об'єктивної статистики.

Формулу «прийнятного» ризику можна записати у виглядi:

$$R(t) \leq R_n(t), \quad (1.3)$$

де  $R(t)$  – розрахунковий ризик,  $R_n(t)$  – нормативний ризик. I тут система перебуває у станi стiйкого рiвноваги.

При  $R(t) > R_n(t)$  спостерiгається бiфуркацiйний стан системи, рух до катастрофи, коли накопиченi не захищенi вразливостi призводять до порушення рiвноважного та безпечного стану системи.

У разі типові ознаки біфуркації – чутливість до малих впливів поблизу точки біфуркації (малі причини може мати великі наслідки) тобто система стає гранично вразливою: при малому запасі міцності і, наприклад, температурному перепаді чи динамічному впливу відбувається втрата несучої здатності конструкції вагона.

Біфуркацію можна визначити, як нестійкість попереднього стану та можливість катастрофічних стрибків – кінцевого відгуку на нескінченно малі дії [17].

Таким чином, важливим є встановлення обґрунтованих величин ризику під час експлуатації залізничного транспорту. Вище зазначено, що прийнятний рівень ризику визначається допустимим рівнем ризику, зумовленим як природними чинниками, і станом економіки та соціально-культурним рівнем розвитку.

У зв'язку з цим через нерівномірність фонових ризиків та ступеня небезпеки надзвичайних ситуацій є можливим здійснювати перевезення категорій вантажів за різними регламентами в залежності від небезпеки впливу на людину та довкілля (небезпечні, особливо небезпечні вантажі).

Аналіз досвіду експлуатації показує, що, наприклад, для локомотивів, які забезпечують їх безпечну експлуатацію, є прийнятним ризик порядку  $10^{-4}$ , що технічно та економічно є виправданим. Зважаючи на те, що кількість вантажних вагонів і цистерн, що беруть участь у процесі перевезень у разі більша за кількість локомотивів та взаємозв'язок НС→засіб перевезення більш висока, оскільки в даному випадку здійснюється безпосередній контакт з небезпечними та особливо небезпечними вантажами, то прийнятний рівень ризику можна прийняти  $10^{-5}$ .

Концепція «прийнятного» ризику має на увазі, виходячи з економічної ситуації, підтримку максимального рівня ризику можливого для забезпечення фізичної, фізіологічної та екологічної безпеки об'єктів та суб'єктів, які беруть участь у процесі перевезень.

Звідси максимально «прийнятний» ризик

$$R_n(t) - R(t) = \Delta R(t) \rightarrow \min, \quad (1.4)$$

де  $\Delta R(t)$  – запас міцності системи, що характеризує рівень безпеки.

Такий підхід диктується оптимізацією витрат на безпеку системи перевезень на залізничному транспорті.

Таким чином, досягнення прийняттого рівня ризику неможливе без вкладення необхідних фінансових ресурсів у підтримку нормального технічного стану техніки та обладнання, створення нових методик та технічних рішень, підготовку фахівців та обслуговуючого персоналу.

Витрати для підтримки прийнятних ризиків  $Z(t)$  зростають у міру збільшення техногенних ризиків на залізничному транспорті.

$$R_n(t) = R(t) \times Z(t) \quad (1.5)$$

де  $Z(t)$  – витрати на зниження ризиків  $R(t)$  до прийнятних  $R_n(t)$ .

Розглядаючи «прийнятні» ризики на залізничному транспорті, необхідно мати на увазі, що існують рівні ризику, які можна вважати дуже малими. У цьому випадку немає сенсу в заходах підвищення безпеки, оскільки величина додаткових витрат не зіставна з ефектом зниження ризиків. Але поряд із цим існують рівні максимального прийняттого ризику, величина витрат на зниження яких може бути дуже великою, але роботи щодо зниження ризиків проводити необхідно.

Баланс між рівнем безпеки та фінансовими збитками, пов'язаними з вкладеннями, спрямованими на підвищення безпеки, є механізмом управління ризиками.

Визначення рівня прийняттого ризику у процесі залізничних перевезень носить як технічний, а й політичний характер і визначається економічними можливостями країни та галузі.

Вектор зусиль у цьому напрямі позначений Концепцією створення системи незалежної оцінки ризиків у сфері пожежної безпеки, цивільної оборони та захисту населення від надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру [17].

У концепції запропоновано систему поглядів на питання створення та розвитку комплексу, визначено цілі, принципи, правила та процедури організації та проведення незалежної оцінки ризиків, склад системи незалежної оцінки ризиків, а також функції, права та обов'язки її учасників, взаємини між ними.

Зміни у сучасному стані питання потребують подальшого розвитку, опрацювання та прийняття нормативних документів.

Таким чином, основне завдання – забезпечення «прийнятних» ризиків. Рішення - у ефективному використанні сил та засобів з мінімізації ризиків, застосуванні високоефективного обладнання, а також у перерозподілі відповідальності за завдання шкоди або заподіяння шкоди внаслідок техногенних надзвичайних ситуацій між державою та перевізником.

## 2. ХАРАКТЕРИСТИКИ УМОВ ФОРМУВАННЯ ВЗАЄМОДІЇ В СИСТЕМІ «ЗАЛІЗНИЦЯ-ДОВКІЛЛЯ»

### 2.1. Аналіз та класифікація вразливостей на залізничному транспорті

Для ідентифікації ризику більш детально розглянемо вразливості, які у процесі перевезення небезпечних вантажів залізницею. Їх можна розділити на дві категорії:

Природні, які включають:

- географічні, коли залізничне полотно та об'єкти інфраструктури розташовані в зонах підвищеної небезпеки, схильних до негативних природних факторів таких, як землетруси, зсуви, урагани, повені. Управління вразливістю в даному випадку можливе розвитком системи оповіщення, використанням спеціальних конструкцій у залізничних об'єктах та об'єктах інфраструктури, здатних протистояти підвищеним небезпекам;

- екологічні, що залежать від можливості самовідновлення навколишнього природного середовища, ступеня її уразливості та схильності до впливу фізичних факторів; схильністю території, через яку здійснюються перевезення ННП до екологічної деградації через унікальність видового складу та слабкі заходи щодо захисту довкілля від впливу залізничного транспорту. Управління можливе впровадженням екологічних програм та технологічною оснащеністю щодо забезпечення безпеки.

Антропогенні, які включають:

- антропологічні, що диктуються слабкою підготовленістю персоналу, неадекватною системою управління та контролю, низьким рівнем виробничої культури. Управління в даному випадку можливе шляхом атестації, перепідготовки та раціональної кадрової політики;

- економічні, пов'язані з рівнем розвитку держави, і, як наслідок, залізничної галузі. Дані вразливості продиктовані технологічною малозабезпеченістю та нестачею матеріальних ресурсів. Управління у разі

можливе застосування системи страхування, тобто. резервації коштів на випадок надзвичайної ситуації;

- психосоціологічні, пов'язані з віком, статтю, рівнем психологічної стійкості персоналу, який бере участь у процесі перевезень, нездатністю вчасно розпізнати ризик виникнення надзвичайних ситуацій. Управління можливе в оптимізації поведінкових шаблонів, спеціальній антикризовій підготовці персоналу, проведенні імітаційних навчань;

- політичні, що залежать від рівня адекватності законів, політичних рішень та нормативних актів, що регулюють процес перевезень та взаємовідносин між учасниками цього процесу та характеризуються нездатністю суб'єктів реалізовувати в повному обсязі інструкції. Управління можливе вдосконаленням законів та оптимізацією їх впровадження у процес функціонування залізниці;

- юридичні, коли вразливість виходить із ігнорування законодавчих актів та норм, що регламентують процес перевезень. Управління можливе підвищенням відповідальності за дотриманням нормативних актів, атестацією та перепідготовкою кадрів.

Техногенні, які включають:

- експлуатаційні, коли вразливість виникає через знос механізмів і вузлів, втрати міцності несучих конструкцій, порушення цілісності конструкцій, що захищають;

- конструкційні через недосконалість технічних рішень об'єктів та інфраструктуру залізничного транспорту;

- технологічні через особливості технологічного процесу.

Залізниця це інженерна система, що забезпечує процес перевезень, у той же час, вона є відчуженою у природного середовища смугою, штучно пристосованою до руху поїздів, із заданими технічними та екологічними показниками [13]. Тому одним із завдань, що потребують вирішення, є підтримання експлуатаційних параметрів на нормативному рівні та зведення до мінімуму негативного впливу цього об'єкта впливу.

Ґрунт на територіях, прилеглих до залізничного полотна, є активним акумулятором нафтовмісних рідин, тому надходження забруднюючих речовин навіть у малих концентраціях, але протягом тривалого часу призводять до їх суттєвого накопичення. Внаслідок накопичення забруднюючих речовин змінюються фізичні властивості баластного шару, що призводить до підвищення ризику надзвичайних ситуацій.

На етапі спорудження та експлуатації залізничного полотна передбачається комплекс заходів щодо охорони навколишнього повітряного, водного та наземного середовища, а також захисту тваринного та рослинного світу [12]. Незважаючи на заходи, в процесі експлуатації відбувається постійні зміни властивостей і забруднення баластного шару і прилеглих ґрунтів нафтопродуктами та їх хімічними реагентами. Найбільших збитків завдають надзвичайні ситуації з розливами нафтопродуктів, коли в навколишнє природне середовище потрапляє велика кількість агресивної рідини одномоментно.

Актуальним у зв'язку з цим є пошук шляхів ефективного реагування на надзвичайні ситуації. Забезпечити стійкий стан рівноваги в природному середовищі, що прилягає до залізничного полотна, можливо за допомогою комплексу правових, організаційних і технічних методів [37]. Таким чином, необхідно вживати всіх можливих заходів, щоб негативний вплив був мінімальним.

## **2.2. Дослідження впливу залізниці на особливо охоронювані природні території та визначення шляхів зниження негативного впливу**

Специфікою Західної України є те, що транспортні мережі розташовуються поруч, а іноді і проходять по природних територіях, що особливо охороняються, що істотно підвищує ризики надзвичайних ситуацій при перевезенні нафтопродуктів. До об'єктів особливої охорони відносять території розташування природних комплексів та об'єктів особливої значення, що включають водні поверхні, поверхню землі і повітряний простір над ними. Об'єкти особливої охорони віднесено до об'єктів загальнонаціонального надбання. Функціонування об'єктів особливої охорони регламентовано національним та регіональним законодавством.

Природні території особливої охорони призначені для збереження типових та унікальних природних ландшафтів, різноманітності тваринного та рослинного світу, охорони об'єктів природної та культурної спадщини. Повністю або частково вилучені з господарського використання вони мають режим особливої охорони, а на прилеглих до них ділянках землі та водного простору можуть створюватися охоронні зони з регульованим режимом господарської діяльності.

Кожний з об'єктів особливої охорони має свою категорію, профіль та статус. При оцінці впливу надзвичайної ситуації, наприклад з нафтопродуктами, на довкілля необхідна першорядна оцінка ступеня їхнього впливу на об'єкти особливої охорони, що розташовані поблизу залізничної лінії. Складність такої оцінки полягає у відсутності уніфікованого методу, а також у необхідності комплексного обліку впливу на всі компоненти об'єктів особливої охорони: ґрунт, флора, фауна, повітряне середовище, поверхневі та підземні води, геологічні умови тощо з урахуванням особливої значущості території.

Проблематичність адекватної оцінки впливу залізниці на біоценоз полягає і в тому, що параметри, що використовуються для оцінки впливу на

людину, зазвичай переносяться на навколишнє середовище. Існуючі гранично допустимі норми концентрації нафтопродуктів не враховують особливе сприйняття забруднення рослинним світом та тваринами. Різноманітність видів та умов існування флори та фауни не дозволяє вивести єдині критерії. Складність виведення будь-яких єдиних критеріїв для оцінки впливу на об'єкти особливої охорони полягає також і в широкому спектрі їх категорій, профілів та статусу.

Оптимальна система оцінки впливу надзвичайних ситуацій на об'єкти особливої охорони повинна включати комплексну оцінку впливу на кожен із складових її компонентів: повітря, поверхневі та підземні води, рослинний і тваринний світ, ґрунти тощо. Обов'язковим є аналіз можливих аварійних ситуацій та їх наслідків для об'єктів особливої охорони з розробкою особливого регламенту заходів реагування на надзвичайні ситуації у таких зонах.

Аналізуючи можливість аварійної ситуації, розробки Плану ліквідації аварійного розливу нафти, обов'язково необхідно враховувати наявність у зоні ймовірного розливу наявність об'єктів особливої охорони. Узагальнюючи різні види об'єктів особливої охорони, кожному за них можна розрахувати чи обґрунтувати зону його негативного впливу. Подібний підхід використовувався при оцінці впливу антропогенних об'єктів на об'єктів особливої охорони у роботі [35, 40, 46], де були визначені так звані буферні зони для антропогенних об'єктів за трьома основними параметрами (хімічне забруднення, шумове забруднення, зміна гідрологічного режиму). Визначення зони впливу має ґрунтуватися на комбінованій оцінці всіх можливих потенційних видів впливу та їх тимчасового масштабу, оцінці збитків для тваринного та рослинного світу, оцінці аварійних ситуацій. Враховуючи відмінності в реакції на впливи у різних компонентів об'єктів особливої охорони, необхідно не призводити до середнього значення зони різних видів впливу, а виділяти найбільш значущі з урахуванням специфіки території, що охороняється (категорія, профіль, статус, міжнародне

значення), ступеня вразливості об'єктів охорони, а також існуючого антропогенного навантаження на об'єктах особливої охорони з допомогою вагових коефіцієнтів.

Розміри зони впливу можуть інтерпретуватися як дальність поширення впливу аварійного розливу нафтопродуктів. Наприклад, для нафтових і газових промислів такі зони прийняті 5 км, для трубопроводів — 1 км, відповідно і для залізниці, яка транспортує нафтопродукти, можна прийняти зону поширення в 1 км. Але враховуючи можливість впливів на об'єкти особливої охорони, як на сукупність різних компонентів природного середовища (флора, фауна, повітряне середовище, водне середовище і т.п.), припускаємо, що зона прямого та непрямого впливу на ці об'єкти може бути збільшена до 2-5 км діяльності на суші, 3-10 км у разі впливів на поверхневі водні об'єкти. Таким чином, з урахуванням сказаного вище, приймемо в нашій роботі зону впливу залізниці на прилеглу територію шириною в 3 км.

Особливо суттєвими негативні наслідки для об'єктів особливої охорони можуть бути через аварійну ситуацію, зокрема з розливом нафти або нафтопродуктів. При безаварійному режимі робіт найбільш негативний вплив на ці об'єкти може бути на етапі експлуатації (занепокоєння, зміна властивостей повітряного та водного середовища та ін) у зв'язку з накопиченням ЗВ у баластному шарі залізничного полотна. Тимчасовий масштаб впливу на об'єкти особливої охорони при цьому може бути хронічним, а інтенсивність такого впливу підвищуватиметься до значного рівня.

Оцінка негативного впливу надзвичайних ситуацій з нафтопродуктами на об'єкти особливої охорони повинна включати аналіз всіх можливих потенційних видів впливу, їх просторовий і тимчасовий масштаб, виділення найбільш значущих з урахуванням специфіки території, що охороняється. У системі забезпечення екологічної безпеки перевезень нафтопродуктів залізницею, як складової загальної безпеки, важливою є змістовна інтерпретація даних. Найбільш інформаційною є картографічна інтерпретація

інформації. На основі зіставлення карти залізниць та карти об'єктів особливої охорони, а також враховуючи розташування водних об'єктів, представлена карта природоохоронних вразливих територій. Для таких зон необхідне опрацювання особливих технічних та організаційних умов (включаючи страхування небезпечних вантажів під час перевезення через вразливу територію) з метою концентрації фінансових можливостей у разі необхідності ліквідації наслідків аварійних ситуацій

Нерівномірність антропогенного та екологічного навантаження, порушення екологічної рівноваги прилеглої до залізничного полотна території є однією з головних причин виникнення загрози надзвичайній ситуації.

Важливим аспектом у системі попередження аварійних ситуацій є процес моделювання системи попередження, що включає в себе етап зіставлення моделі місцевості, що включає картографічну інформацію (уразливість, рельєф, технічна база) з моделлю поведінки нафти при розливах на основі аварійних карток.

Результатом є отримання показників (уразливостей), що характеризують забруднення: конфігурація нафтової плями, площа з концентрацією забруднювача, а також наявність об'єктів, що сприймають негативний вплив [6]. Основну небезпеку представляє нафта, розлита безпосередньо землі, де вона випаровується, піддається окисленню і впливу мікробів.

При пористому ґрунті та низькому рівні ґрунтових вод нафта може забруднювати ґрунтові води. Аналіз отриманої інформації дозволяє приймати адекватні виклику організаційно-технічні рішення щодо ліквідації наслідків розливу, розрахунку сил та засобів для проведення робіт.

Карта вразливості дозволяє визначити місця концентрації технічних засобів для ліквідації наслідків можливих надзвичайних ситуацій з урахуванням екологічної безпеки унікальних природних територій, що знаходяться під охороною держави.

Карта сполучення з об'єктами особливої охорони та водними об'єктами є одним із вихідних інформаційних ресурсів, розглянутих автором для побудови матриць поодиноких уразливостей та ранжування вразливості території впливу залізниці, визначення комплексного територіального коефіцієнта (КТК).

### 3. СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ФОРМУВАННЯ ГЕО-ЕКОЛОГІЧНИХ ТЕХНОГЕННО-ІНФРАСТРУКТУРНИХ МОДЕЛЕЙ

#### **3.1. Обґрунтування застосування супутникових навігаційних систем для відстеження небезпечних вантажів на залізничному транспорті**

Зважаючи на особливе значення забезпечення безпеки перевезень нафтопродуктів, як основного джерела надзвичайних ситуацій на залізницях України, потрібні «проривні технології» для реалізації поставленої мети. Найбільш перспективними у цьому плані є супутникові системи навігації та контролю. Досвід застосування таких технологій у світі налічує понад 50 років. Першопрохідниками є системи TRANSIT (США) та ЦИКАДА (СРСР), розгорнуті на початку 1960-х, на низьких орбітах. Найдосконаліші системи другого покоління почали реалізовуватися із запуску 1977 року міністерством оборони США супутника системи NAVSTAR [30]. У 1983 році система була відкрита для використання в цивільних цілях, а з 1991 року було знято обмеження на продаж Global Positioning System (GPS) обладнання в СРСР. Повністю розгорнуто систему було у 1993 року, а витрати її реалізацію перевищили 15 млрд. доларів.[30].

Найбільш поширеною назвою американської системи супутникової навігації NAVSTAR є GPS, головна станція управління якої розташована в Колорадо-Спрінгс. Основне призначення GPS – визначення координат об'єкта на землі, у морі та навколоземному просторі. Орбіти супутників та параметри орбіт задані таким чином, щоб покривати всю земну поверхню та отримувати у будь-який момент часу сигнали від 5 до 12 супутників одночасно [26]. Використання GPS відіграє важливу роль у навігації військових та цивільних об'єктів, а також у роботі рятувальних служб у системі КОСПАС-SARSAT [26]. Ця система відповідно до міжнародно-правових документів Міжнародного авіаційного та морського настанова щодо пошуку та порятунку (INTERNATIONAL AERONAUTICAL AND MARINE SEARCH AND RESCUE – IAMSAR) (IAMCAP) використовується

для відстеження місця розташування транспортного засобу, що зазнає лиха [26, 49].

Оскільки система GPS була розгорнута військовим відомством США, то з метою забезпечення обороноздатності країни в СРСР було розроблено свою аналогічну глобальну навігаційну супутникову систему (ГЛОНАСС). Перший запуск супутника за програмою ГЛОНАСС (Космос 1413) відбувся 12 жовтня 1982, і в даний час орбітальне угруповання складається з 24 супутників. Система ГЛОНАСС була офіційно прийнята в експлуатацію 24 вересня 1993 року. Спочатку система відрізнялася нижчою проти GPS точністю визначення координат об'єктів. Тому підвищення конкурентоспроможності і точності визначення координат об'єктів. У 2010 році було запущено 3 космічні апарати «Глонасс-М», а з 2011 року – серія космічних апаратів глобальної навігаційної системи «Глонасс-К», які забезпечили відповідність за точністю апаратам GPS. Апарати "Глонасс-К" є третім поколінням супутників серії "Глонасс". Нові супутники відрізняються гарантійним терміном їх активного існування, зниженою масою, негерметичним виконанням, що дозволяє працювати в умовах відкритого космосу[26].

Відмінними рисами, що дозволяють використовувати систему для забезпечення безпеки залізничних перевезень, є:

- встановлення обладнання з новими навігаційними сигналами у форматі множинного доступу з кодовим розгалуженням (CDMA), сумісними за форматом із системами GPS/Galileo/Compass, які значно полегшують використання мультисистемних навігаційних приладів;
- вдвічі підвищена, порівняно із супутниками «Глонасс-М» інтенсивність сигналу в діапазоні L3 точності навігаційних визначень;
- відсутність приладів власного виробництва, (наприклад в «Глонасс-М» використовуються французькі комплектуючі і т.д.);

Результатом дії програми модернізації супутників і наземних комплексів управління стало збільшення точності навігаційних визначень

системи ГЛОНАСС у 2-2,5 рази, що становитиме близько 2,5-2,8 м для цивільних споживачів [44].

Здешевлення та розвиток якісних характеристик системи ГЛОНАСС дозволяє активно впроваджувати супутникові навігаційні системи (СНР) для забезпечення безпеки транспортних систем. Міжнародна морська організація через обов'язкові для виконання всіма суднами міжнародні «інструменти» ухвалила рішення про оснащення морських суден засобами високоточного позиціонування з використанням СНР. До теперішнього часу, як можливі супутникові системи, схвалені американська GPS і російська ГЛОНАСС. Відповідно до міжнародних норм, морські судна повинні мати супутникові засоби визначення місця систем ГЛОНАСС або GPS [44].

Досвід використання СНР на морі призвів до розвитку великої кількості прикладних технологій, що дозволяють вирішувати завдання судноводіння, безпеки мореплавання, морської безпеки, моніторингу та управління судноплаванням з використанням інформації СНР.

Системи моніторингу транспорту з моменту їх появи пройшли шлях від ненадійних та примітивних пристроїв, що передавали інформацію на запит у коротких текстових повідомленнях або за допомогою CSD з'єднання, до складних програмно-апаратних комплексів, максимально автоматизованих, що використовують останні досягнення мікроелектроніки та прикладної математики.

Двосистемний ГЛОНАСС/GPS трекер дозволяє максимально точно визначити координати транспортного засобу, а за наявності підключених датчиків та його необхідні технічні характеристики. При сучасному рівні розвитку СНР та невисокій вартості послуг GSM операторів стає можливим організувати якісний контроль у реальному часі [44].

У зв'язку з розвитком системи супутникової навігації та необхідністю мінімізації ризиків, пов'язаних із перевезенням небезпечних вантажів (зокрема нафти та нафтопродуктів) стає особливо актуальним застосування її для залізничного транспорту. Автоматичне та автономне та визначення місця

розташування цистерн з небезпечним вантажем дозволяє реалізувати систему управління та забезпечення безпеки з використанням мінімальної додаткової кількості технічних засобів.

Актуальним є не лише оснащення залізничних транспортних засобів супутниковими навігаційними приймачами, а й забезпечення ефективного використання навігаційних даних.

Для досягнення реального технічного та економічного ефекту необхідна організація комплексу із забезпечення безпеки та управління перевезеннями небезпечних вантажів, що включає систему відстеження та ідентифікацію місця події [26, 32, 44]. Для цього необхідно вирішити завдання інтеграції СНР з геоінформаційними системами (ГІС) - електронними картами вразливості території впливу залізниці. У цьому випадку система моніторингу рухомих об'єктів працює за такою схемою (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 - Схема моніторингу залізничних цистерн із небезпечним вантажем:

1 – вагон – цистерна з небезпечним вантажем, 2 – трекер, 3 – супутник ГЛОНАСС, 4 - GSM передавач, 5 – сервер.

У нашому випадку комплекс працює наступним чином: на вагон - цистерну встановлюється ГЛОНАСС/GPS/GSM трекер, який за допомогою супутникового приймача визначає координати, збирає інформацію з датчиків (ватерпас, датчики температури, датчики об'єму та ін.) та каналами GSM зв'язку, у вигляді бінарного Automatic Vehicle Location (AVL) – пакета системи автоматичного визначення розташування транспортного засобу, що передає ці дані на сервер для подальшої обробки та оперативного використання.

На сервері виконується автоматизована аналітична обробка даних з повідомленням про критичні події. Відповідні служби отримують інформацію за допомогою клієнтської частини програмного забезпечення або через веб-інтерфейс.

Сучасні двосистемні ГЛОНАСС/GPS модулі дозволяють фіксувати координати практично в будь-яких умовах. Трекери мають інтерфейси RS-232 для підключення до них периферійних пристроїв. Для збереження працездатності без GSM мережі пристрої забезпечуються «чорним ящиком» із запам'ятовуючим пристроєм на 64000 пікселів, обсягу якого вистачає на тиждень роботи в режимі поза покриттям мережі [26]. При появі сигналу GSM відбувається автоматичне його зчитування і передача з тимчасовими характеристиками пакета інформації.

Для організації СНР на залізничному транспорті під час перевезення небезпечних вантажів немає потреби у розробці оригінального обладнання. У нашому випадку з успіхом можуть застосовуватися термінали Novacom, що вже позитивно зарекомендували себе в автомобільному транспорті, побудовані на базі GPS пристрою. Обладнання GNS-GLONASS може бути вдалим рішенням для компаній із державною участю, таких як «Укрзалізниця», оскільки воно має ГЛОНАСС приймачі.

Використання трекерів здатне підняти на більш високий рівень безпеки перевезень небезпечних вантажів, запобігти або мінімізувати наслідки НС при перевезенні небезпечних вантажів залізничним транспортом. Досвід НС із великою кількістю жертв показує, що GSM передавачі з відповідним обладнанням необхідно також встановити у місцях перетину залізниці та магістральних нафто- та газопроводів для моніторингу фізикохімічних параметрів навколишнього середовища та своєчасного вжиття заходів реагування на загрози надзвичайних ситуацій [20]. За своєчасного виявлення витоку газів та вжиття відповідних заходів катастрофи вдалося б уникнути.

### **3.2. Зниження часу оперативного реагування на НС із перевезенням небезпечних вантажів з використанням електронних карт вразливості**

У зв'язку із зростаючими обсягами перевезень небезпечних вантажів залізничним транспортом, для оперативної відповіді на загрози НС необхідна розробка інформаційних електронних карт уразливостей та потенційної відповіді. Перевага геоінформаційної системи полягає у можливості інтеграції інформації з різних джерел та поданні результатів у вигляді карти, що дозволяє аналізувати ситуацію як у регіональному масштабі, так і переходити до акцентів на проблеми по конкретних ділянках [11].

Електронна карта має охоплювати територію, що прилягає до залізниці з віддаленим кордоном до 3 км [11, 12]. Для складання електронних карток доцільно використовувати можливості навігаційних супутників ГЛОНАСС та GPS у задачах дистанційного зондування (рисунок 3.2).

На рисунку 3.2:  $D$  - область огляду, що являє собою перетин слідів діаграм спрямованості антен приймача і передавача (навігаційного супутника),  $r_0$  - точка поверхні всередині області  $D$ ,  $R_{пр}$  і  $R_{пр}$  - відстань від точки поверхні  $r_0$  до передавача і приймача, відповідно.

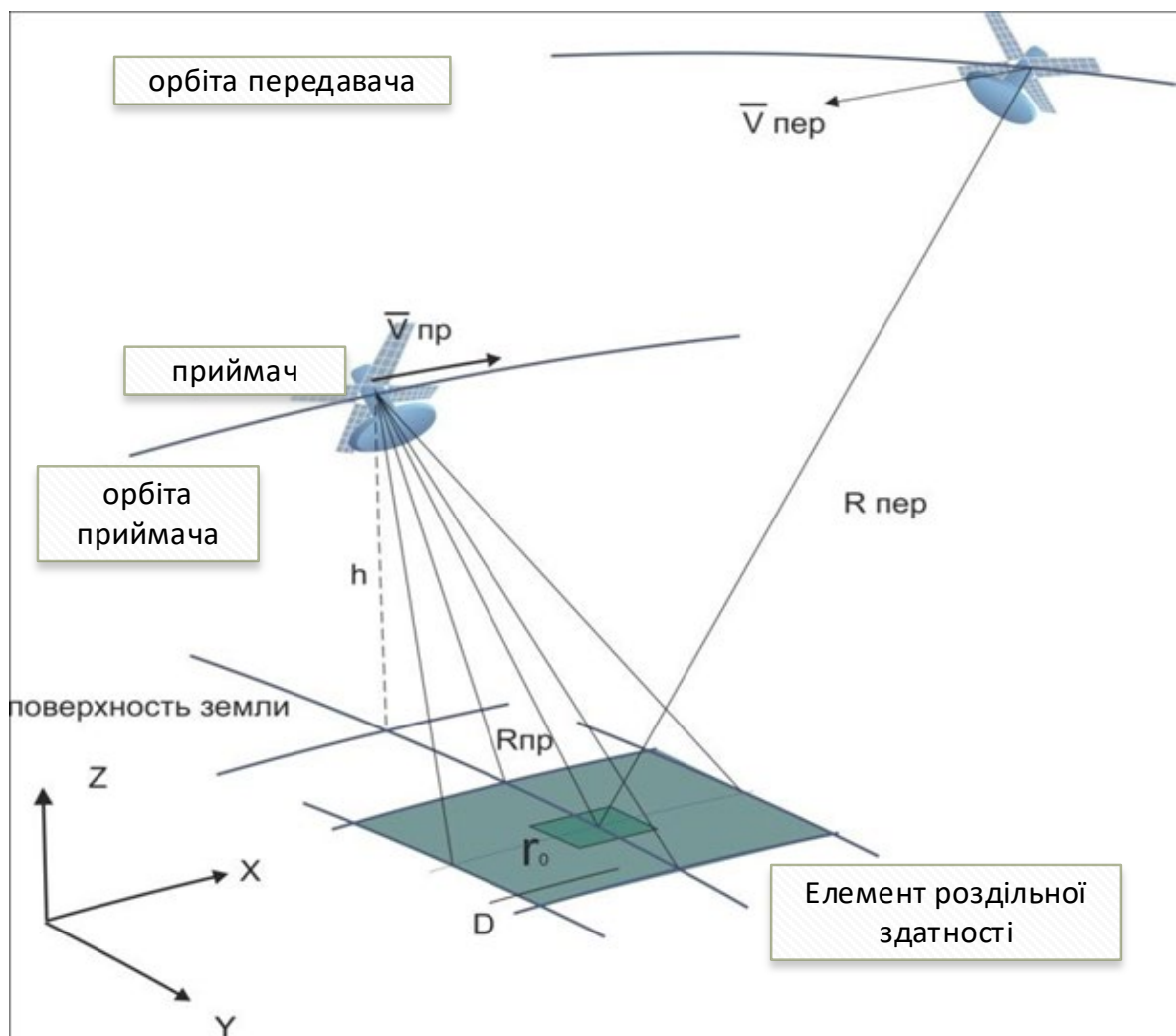


Рисунок 3.2 - Схема дистанційного зондування поверхні Землі за допомогою використання СНР ГЛОНАСС

Результати моделювання просторових функцій невизначеності, отримані при використанні реальних даних про видиме сузір'я навігаційних супутників та вектор їх положення, показали можливість отримання роздільної здатності близько 200x50 метрів (в далекомірній та азимутальній площині). Така роздільна здатність є цілком достатньою для вирішення багатьох завдань дистанційного зондування [44]. Оптимізація траєкторії руху приймача, діаграми спрямованості приймальної антени, методу огляду та алгоритмів обробки може істотно підвищити роздільну здатність аналізованої багатопозиційної системи для складання та моніторингу електронних карт [12].

Створення комплексу «ГІС – електронна карта вразливостей» дозволить залучати необхідні сили та засоби виходячи з реальної ситуації та обстановки, удосконалювати режими експлуатації ділянок залізниць та забезпечувати мінімізацію ризиків із найменшими витратами.

Одним із критеріїв мінімізації є скорочення часу оперативного реагування на надзвичайну ситуацію. Під оперативним реагуванням ми розуміємо здійснення взаємопов'язаних дій органів управління з негайного отримання інформації про факт виникнення надзвичайних ситуацій, своєчасне сповіщення про них зацікавлених організацій, а також щодо уточнення та аналізу обстановки, прийняття рішень та організації ліквідації надзвичайних ситуацій відповідними силами та засобами.

При розв'язанні завдань оперативного управління ліквідацією надзвичайних ситуацій з нафтопродуктами потрібне залучення різномірної інформації, зокрема координатно прив'язаної.

Ця інформація повинна представлятися у зручній для аналізу формі та забезпечувати ухвалення оптимальних управлінських рішень. Таким вимогам і відповідають ГІС та технології на їх основі.

Зниження часу реагування безпосередньо залежить від можливості негайного отримання повної інформації про місце події та раціональне розміщення сил реагування. При транспортних подіях та надзвичайних ситуаціях на залізниці, коли рахунок йде на хвилини, це завдання можна вирішити розробкою та інтеграцією динамічних карток з ГІС диспетчерської служби. У цьому випадку після надходження через СНР сигналу про інцидент можливе моментальне визначення розташування об'єкта на електронній карті.

На карті має бути представлена інформація, як про категорію *виклику* (ранжовані вразливості), так і про категорію *відповіді* (наявність сил та зони обслуговування служб швидкого реагування).

Оперативний доступ до подібної інформації через простий у використанні інтерфейс особливо важливий для умов РФ «Львівська

залізниця», де населення розподілено переважно вздовж залізниці. На території регіону знаходяться велика кількість річок, що знаходяться у зоні впливу залізниці. Тут же розташована велика кількість природних територій, що охороняються, і унікальних природних об'єктів, що є визначальним фактором у переведенні події в розряд надзвичайної ситуації.

Оновлення інформації в цифровій базі даних – одна із суттєвих переваг таких карток. Для введення нових даних необхідний моніторинг території впливу залізниці, організація та використання спеціальної підсистеми, яка враховує поточні зміни параметрів.

Таким чином, очевидною є необхідність створення та підтримки в актуалізованому стані регіональної залізничної ГІС, у щоденній реальній перевірці ефективності якої зацікавлені служби оперативного реагування залізниці.

Комплекс працює наступним чином. На рухомий склад, що перевозить небезпечні та особливо небезпечні вантажі, встановлюються ГЛОНАСС-трекери, до передавальних пристроїв яких підключаються інформативні датчики (об'єму, координаційної відповідності, температури). При спрацьовуванні датчика пристрій, що передає, автоматично додатково передає сигнал «загроза» із зазначенням координат і швидкості об'єкта. Сигнал надходить на сервер, а потім технічним службам (у безпосередній доступності) для оперативної обробки сигналу. У разі не підтвердження інформації сигнал «загроза» знімається, інакше вживаються оперативні заходи щодо його відпрацювання із залученням необхідних сил та засобів. Планування та оперативне керівництво функцією відповіді в даному випадку завдяки наявності ГІС миттєво має всю необхідну інформацію про статус та категорію території, що дозволяє миттєво оцінити обстановку та вжити необхідних заходів щодо ліквідації НС та її наслідків.

Організація такого комплексу дозволить оперативно та адекватно реагувати на НС із залученням необхідних сил та засобів та забезпечити безпеку перевезень вантажів на вищому рівні. Застосування СНР в комплексі

з ГІС дозволить підвищити ефективність діяльності сил та засобів з реагування на виникнення НС.

### **3.3. Ранжування вразливостей території впливу залізниці на основі одиничних матриць уразливості**

В основі ґрунтово-географічного районування є ґрунтово-генетичний принцип виділення просторових структур, великомасштабні та детальні ґрунтові карти, карти структур ґрунтового покриву Львівської обл. [33-34], а також аналіз спеціальних карт (геологічних, геоморфологічних, ландшафтних, кліматичних, геоботанічних, четвертинних відкладів). Оскільки ґрунтова неоднорідність, навіть у разі детального картографування структури ґрунтового покриву, є притаманною рисою не тільки ґрунтового покриву певних регіонів, різних ґрунтових структур, ґрунтових комбінацій, а й окремих ґрунтів, то структурний підхід до районування застосований до всіх таксоно-мічних одиниць районування. У ґрунтово-географічному районуванні будову ґрунтового покриву розглядають на вищому організаційному рівні, характеризуючи не просторово-типологічну, а структурну відмінність різних регіональних одиниць ґрунтового покриву. Це районування можна легко адаптувати для міжгосподарської та внутрішньогосподарської організації сільськогосподарської території, а також планування сівозмін, формування порівняно однорідних у просторовому і генетичному значенні земельних масивів. Практичне застосування такого підходу полягає в тому, що він є фундаментальною основою для обґрунтування регіональних схем і проектів раціонального природокористування, екологізації проектів міжгосподарського і внутрішньогосподарського землевпорядкування, формування природно-заповідного фонду регіону, для перспективного регіонального планування, моніторингу і прогнозування розвитку ґрунтово-територіальних структур на засадах використання ґрунтово-просторових характеристик [33].

Приклади різнопланового геоекологічного картографування Львівської області наведено на рис. 3.3-3.4.

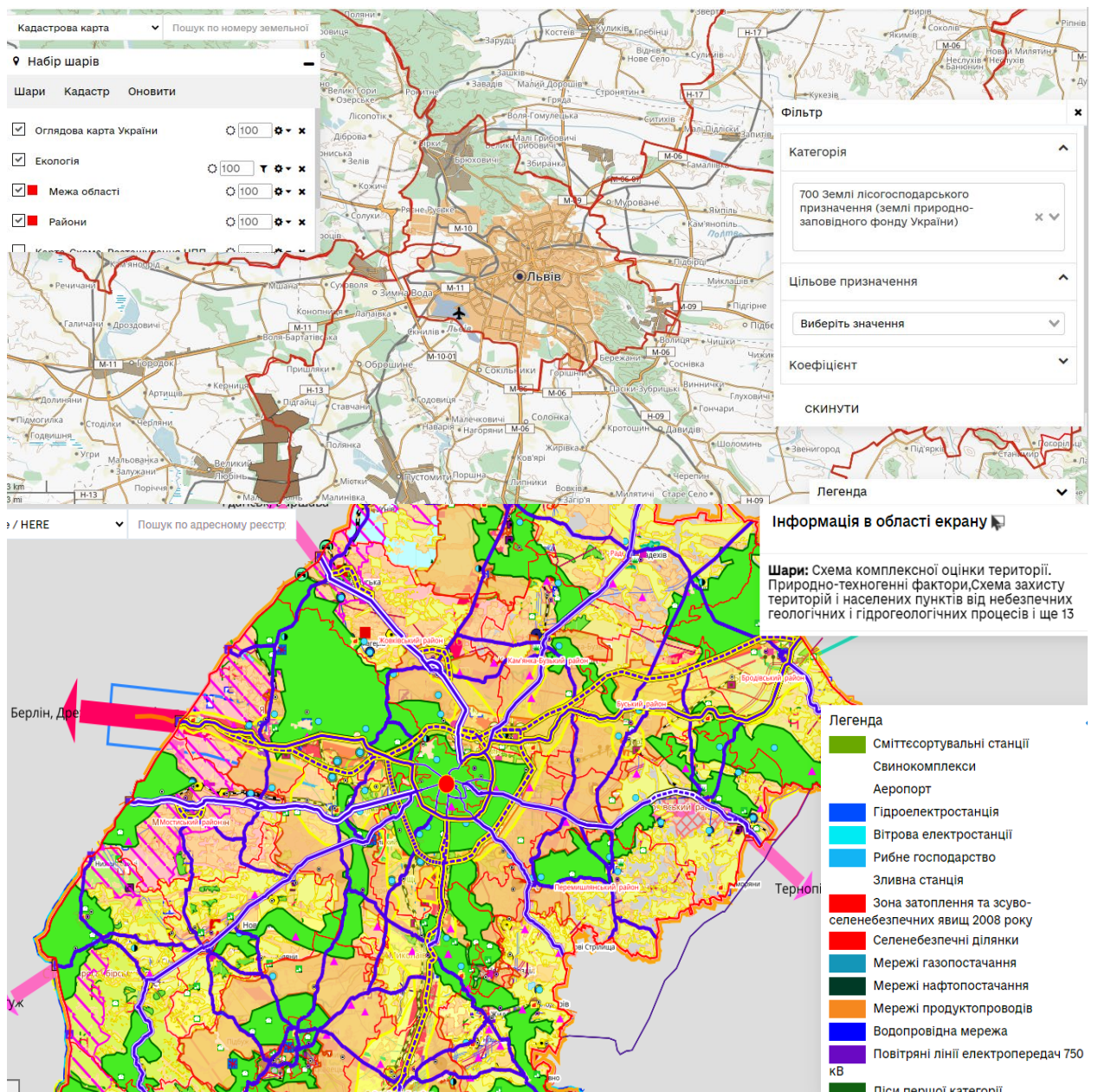


Рисунок 3.3 - Схема комплексної оцінки території. (Природно-техногенні фактори, Схема захисту територій і населених пунктів від небезпечних геологічних і гідрогеологічних процесів)



Рисунок 3.4 – Приклад еколого-географічного районування Львівської області

Для ефективної роботи ГІС на залізничному транспорті пропонується ранжування вразливостей території, що прилягає до залізниці.

Питанням ранжирування залізниці за категоріями небезпеки присвячені роботи [6, 18] у яких запропоновано категорювання залізничної лінії за рангами небезпеки та використання карти комплексного ризику, що узагальнює природні небезпеки без диференціації з різних видів уразливостей та прив'язки до точки події. Так, автор публікації [18] розглядає питання районування території під час транспортування нафти та нафтопродуктів з використанням карток чутливості.

На відміну від запропонованих вище методів, для більш точної характеристики місця події доцільним є «точкове» ранжування вразливостей зони впливу залізниці із застосуванням одиничних матриць уразливостей. Як одиничну «точку» приймається осередок розбиття.

Методика заснована на ранжируванні за екологічною, господарською, природоохоронною, біоресурсною, культурною значимістю за допомогою визначення матриць одиничних коефіцієнтів, що описують кожну точку події [32].

Матриця одиничного коефіцієнта відбиває ступінь вразливості по одній з категорій з присвоєнням чисельного значення вагової характеристики кожної комірки. Ця територія розбивається на осередки сіткою з меридіанально орієнтованою однією стороною.

Площа фрагментується на комірки із присвоєнням вагового одиничного коефіцієнта [32]. Накладення одиничних матриць дозволяє визначити комплексний територіальний коефіцієнт [6]. За підсумками комплексних територіальних коефіцієнтів складається електронна карта. На електронну карту заноситься інформація про вразливості та сили та засоби відповіді, що покривають цю територію, таким чином, що під курсором визначається такі показники [34]:

- інформація категорії «уразливості»: наявність населених пунктів, промислових підприємств та споруд (включаючи трубопроводи); наявність природних та штучних водойм та водозаборів; наявність природних об'єктів, що особливо охороняються; наявність червонокнижних та ендемічних природних об'єктів (рослини, тварини, ландшафтні об'єкти); наявність нерестовищ та місць розмноження тварин, шляхів міграції тварин (екологічних коридорів); наявність сільськогосподарських угідь, властивості ґрунтів та рельєфу поверхні;

- інформація категорії "потенційної відповіді": наявність формувань служби НС; відстань до найближчих рятувальних та протипожежних формувань, спеціальних військових формувань; територіальна схильність сил та засобів відповіді, наявність під'їзних шляхів.

За основу побудови електронної карти вразливостей залізниці можна прийняти вже існуючі електронні картки та додатково ранжувати територію,

що прилягає до залізниці за екологічною, господарською, природоохоронною, культурною значимістю.

Як методичну базу визначення набору характеристик території впливу залізниці при розливах нафтопродуктів можна використовувати Регламент.

Регламент визначає список рекомендованих нормативних документів щодо визначення збитків навколишньому середовищу внаслідок аварійної ситуації. Оскільки вразливість – це можливість реагування об'єкта зі шкодою, то, на основі нормативних документів, визначаються показники територіальної вразливості. Величина збитків від забруднення навколишнього середовища внаслідок протоки небезпечних вантажів визначається сумою збитків і складається з:

- збитків, завданих забрудненням атмосферного повітря;
- збитків, завданих забрудненням водного об'єкта;
- шкоди, заподіяної забрудненням, деградацією, засміченням та захаращенням земель;
- шкоди, що завдається фауні; - шкоди, що завдається флорі;
- збитки від віддалених наслідків аварійної ситуації.

Поряд з потенційними збитками навколишнього природного середовища враховується шкода інфраструктурі та історико-культурний аспект.

По кожному виду потенційної шкоди складається матриця одиничних коефіцієнтів уразливості таким чином, що осередку присвоюється ваговий коефіцієнт, якщо на площу осередку потрапляє хоча б частина об'єкта ранжирування [18].

Вагові коефіцієнти розподіляються на основі нормативних документів, у разі відсутності таких можливе використання експертних оцінок, як добуток нормованого приватного показника на його ваговий коефіцієнт:

$$k_i = \alpha_i (x_i / x_{i\max}) \quad (3.1)$$

де  $x_i$  – чисельне значення  $i$ -того приватного показника осередку матриці,  $x_{i\max}$  максимальне значення  $i$ -того приватного показника осередку матриці,

$\alpha_i$  – ваговий коефіцієнт, що враховує значимість  $i$ -того приватного показника осередку матриці  $0,1 \leq \alpha_i \leq 1$ ,  $\alpha = 1$  у разі поєднання осередку з водними об'єктами, оскільки будь-який розлив нафти на водний об'єкт класифікується, як надзвичайна ситуація.

Поодинокі матриці коефіцієнтів уразливості необхідні визначення Комплексних Територіальних Коефіцієнтів (КТК), запропонованих з метою оцінки ступеня чутливості до впливу розливів нафтопродуктів території та можливого еколого-господарського збитку від надзвичайної ситуації.

У нашому випадку маємо:

$$\text{КТК} = K_{\text{во}} + K_{\text{ис}} + K_{\text{н}} + K_{\text{пр}} + K_{\text{о}}, \quad (3.2)$$

де:  $K_{\text{во}}$  - водоохоронний коефіцієнт,  $K_{\text{ис}}$  - коефіцієнт штучної споруди,  $K_{\text{н}}$  - коефіцієнт населеного пункту,  $K_{\text{пр}}$  - природоохоронний коефіцієнт,  $K_{\text{о}}$  - коефіцієнт особливо важливих споруд.

Загалом можна записати

$$\text{КТК} = \sum_1^n K_i, \quad (3.3)$$

де  $K_i$  - коефіцієнти одиничних матриць уразливостей,  $n$  - кількість одиничних матриць вразливості на сегменті. На основі аналізу нормативних документів та стану прилеглої до залізниці території припустимо, що при  $0,1 \leq \text{КТК} \leq 0,5$  - помірно вразлива територія;  $0,5 < \text{КТК} \leq 1,0$  (при  $n > 1$ ) - високо вразлива територія;  $1,0 < \text{КТК} \leq n$  - надзвичайно вразлива територія).

## 4. ПРИРОДООХОРОННІ СТРАТЕГІЇ ЗБАЛАНСОВАНОГО РОЗВИТКУ ОБ'ЄКТІВ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

### **4.1. Теоретичні методи та рекомендації щодо збалансованого розвитку природоохоронної діяльності на залізницях України.**

В процесі аналізу широкого загалу літературних джерел та даних статистики визначено, що цілеспрямовано виділена з навколишнього середовища цілісна множина, яка характеризується зв'язками, що його об'єднують, і відносинами, в яких бере безпосередню участь залізничний транспорт, являє собою урбанізовані території, що організовані і розвиваються за законами складної системи. Головна мета управління розвитком системи природокористування на залізничному транспорті – це забезпечення найбільш сприятливих умов для життєдіяльності людини, збереження екологічної рівноваги на урбанізованих територіях за одночасного раціонального використання матеріальних, природних, трудових, фінансових та інших ресурсів та підвищення еколого-економічної ефективності діяльності залізничного транспорту.

Питання управління розвитком системи природокористування на залізничному транспорті запропоновано вирішувати, використовуючи наступні основні принципи управління:

- системності;
- наступності;
- відносної оптимальності;
- пріоритетності.

Управління якістю навколишнього середовища здійснюється на основі оптимального поєднання потреб залізничного транспорту з вимогами збереження та множення природних ресурсів, створення та підтримання оптимальних умов життя населення. При прийнятті управлінських рішень слідє спиратися на принцип пріоритетності, що полягає у визначенні величини, що характеризує найбільшу значущість стану навколишнього

середовища по стосовно інших аналогічних процесів (факторів) ефективного функціонування залізничного транспорту у системі природокористування на залізничному транспорті.

Отже, основними завданнями системи управління природоохоронною діяльністю ПАТ "Укрзалізниця" мають стати:

- ✓ дотримання природоохоронного законодавства України, і навіть міжнародних угод у сфері охорони довкілля;
- ✓ реалізація політики ПАТ "Укрзалізниця" у галузі охорони праці та навколишнього середовища, промислової та пожежної безпеки та реалізація цієї Екологічної стратегії;
- ✓ методологія, регламентація, нормування та стандартизація природоохоронної діяльності;
- ✓ управління результативністю та економічною ефективністю природоохоронної діяльності;
- ✓ планування та реалізація інвестиційних природоохоронних проектів;
- ✓ раціональне використання природних та енергетичних ресурсів;
- ✓ зниження негативного впливу від господарської та іншої діяльності підрозділів ПАТ "Укрзалізниця" на навколишнє середовище;
- ✓ реалізація природоохоронних заходів;
- ✓ управління екологічними аспектами;
- ✓ забезпечення виробничого екологічного контролю, екологічного аудиту;
- ✓ впровадження системи екологічного менеджменту ПАТ "Укрзалізниця" відповідно до вимог стандарту ДСТУ ISO 14001-2007 (ISO 14001:2004);
- ✓ запровадження принципів "Зелених стандартів" на об'єктах ПАТ "Укрзалізниця".

Розвиток системи контролю за дотриманням підрозділами ПАТ "Укрзалізниця" екологічних норм та вимог має передбачати вирішення цільових завдань, пов'язаних із моніторингом впливу об'єктів компанії на навколишнє середовище (атмосферне повітря, поверхневі та підземні водні об'єкти, ґрунти).

У рамках завдань, пов'язаних із удосконаленням виробничого екологічного контролю, передбачається здійснити:

- розвиток єдиної автоматизованої системи екологічного моніторингу;
- оснащення екологічних лабораторій сучасною вимірювальною, аналітичною технікою та інформаційними засобами;
- впровадження методів обліку негативного впливу на довкілля з використанням інструментальних (автоматизованих) систем;
- розвиток мережі спостережень та програм обробки даних, що дозволяють своєчасно отримувати достовірну інформацію про стан навколишнього середовища;
- використання результатів екологічного моніторингу під час здійснення заходів щодо охорони навколишнього середовища, прийняття рішень щодо реалізації наміченої економічної та іншої діяльності.

Під час аналізу впливу антропогенних факторів, зумовлених господарською діяльністю залізничного транспорту, на екологоекономічну безпеку країни та розгляді економічних проблем оцінки екологічної безпеки функціонування об'єктів залізничного транспорту встановлено невідповідність транспортної мережі перспективним вантажо- та пасажиропотокам, нераціональне використання транспортної інфраструктури, невідповідність рівня якості транспортних послуг юридичних осіб, відсутність стимулювання інвестиційної діяльності та забезпечення екологічної безпеки (рис.4.1).



Рисунок 4.1 - Структура економічних проблем оцінки екологічної безпеки урбанізованих територій під впливом залізничної інфраструктури у системі природокористування

Аналіз екологічних аспектів природокористування дозволив виявити різницю підходів до оцінки стану довкілля: існуючого й у системі природокористування на залізничному транспорті (рис.4.2).

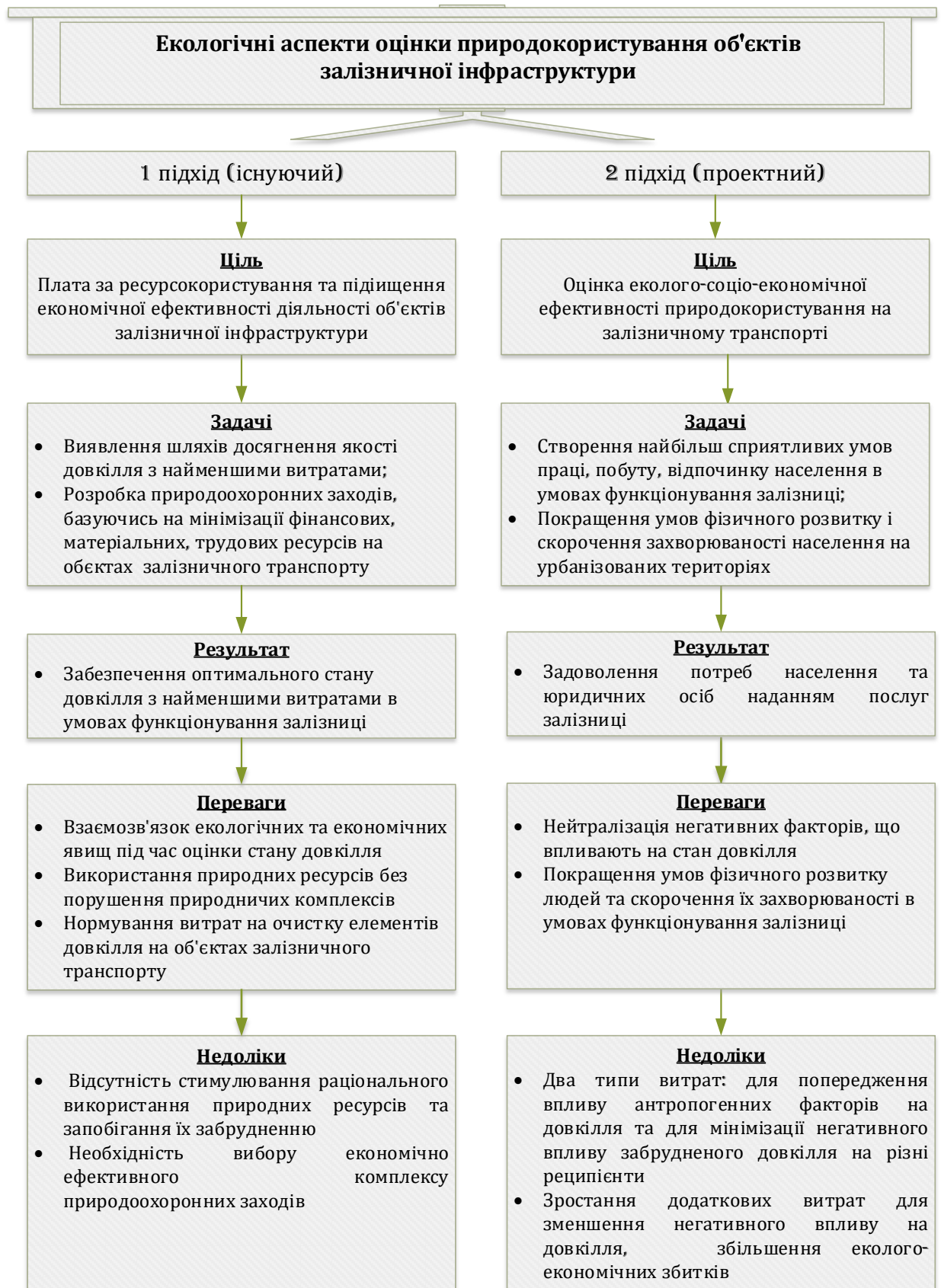


Рисунок 4.2 - Основні підходи до оцінки природокористування об'єктів ремонту рухомого складу.

Останній націлений на оцінку діяльності залізничного транспорту з позицій збереження довкілля та зростання еколого-економічної ефективності.

Основні джерела забруднення – локомотиви на дизельному ходу, енергетичні установки (котельні), підприємства з ремонту рухомого складу, депо.

На заключному етапі необхідно чітко сформулювати концептуально-методологічні основи вдосконалення еколого-економічної оцінки впливу господарської діяльності залізничного транспорту на навколишнє середовище.

В умовах розвитку науково-технічного комплексу на урбанізованих територіях розглянуто управління розвитком системи природокористування на основі активізації інноваційно-інвестиційної діяльності та її впливу на довкілля. Категоріальний зміст інвестицій може бути представлений як соціально-економічний процес вкладення капіталу у всіх його формах в різні інструменти з метою отримання доходу або досягнення економічного, соціального та екологічного ефекту (рис. 4.3).

У ході цього процесу відбувається зміна форм капіталу, здійснюється послідовне перетворення ресурсів на інвестиційні витрати, внаслідок здійснення яких має бути отриманий екологоекономічний ефект. У разі управління розвитком системою природокористування на залізничному транспорті реальні інвестиції обов'язково повинні мати форму природоохоронних. Рух інвестицій включає чотири стадії. На першій відбувається власне інвестиційна діяльність, результатом якої є економічний ефект від екологічно безпечної господарської діяльності об'єктів залізничного транспорту. На другій стадії забезпечується скорочення збитків навколишньому середовищу та зменшення негативного впливу на соціальну підсистему, результатом цього є отримання еколого-економічного ефекту. На третій стадії окупаються витрати та відбувається задоволення потреб у процесі екологічно безпечної господарської діяльності об'єктів залізничного транспорту, результатом є отримання доходу з урахуванням соціального

аспекту – соціальний ефект. На четвертій стадії буде розраховано еколого-економічний ефект на основі критерію економічної оцінки екологічної безпеки функціонування залізничного транспорту у системі природокористування, який слід використовувати для еколого-економічного обґрунтування управлінських рішень на об'єктах залізничного транспорту.

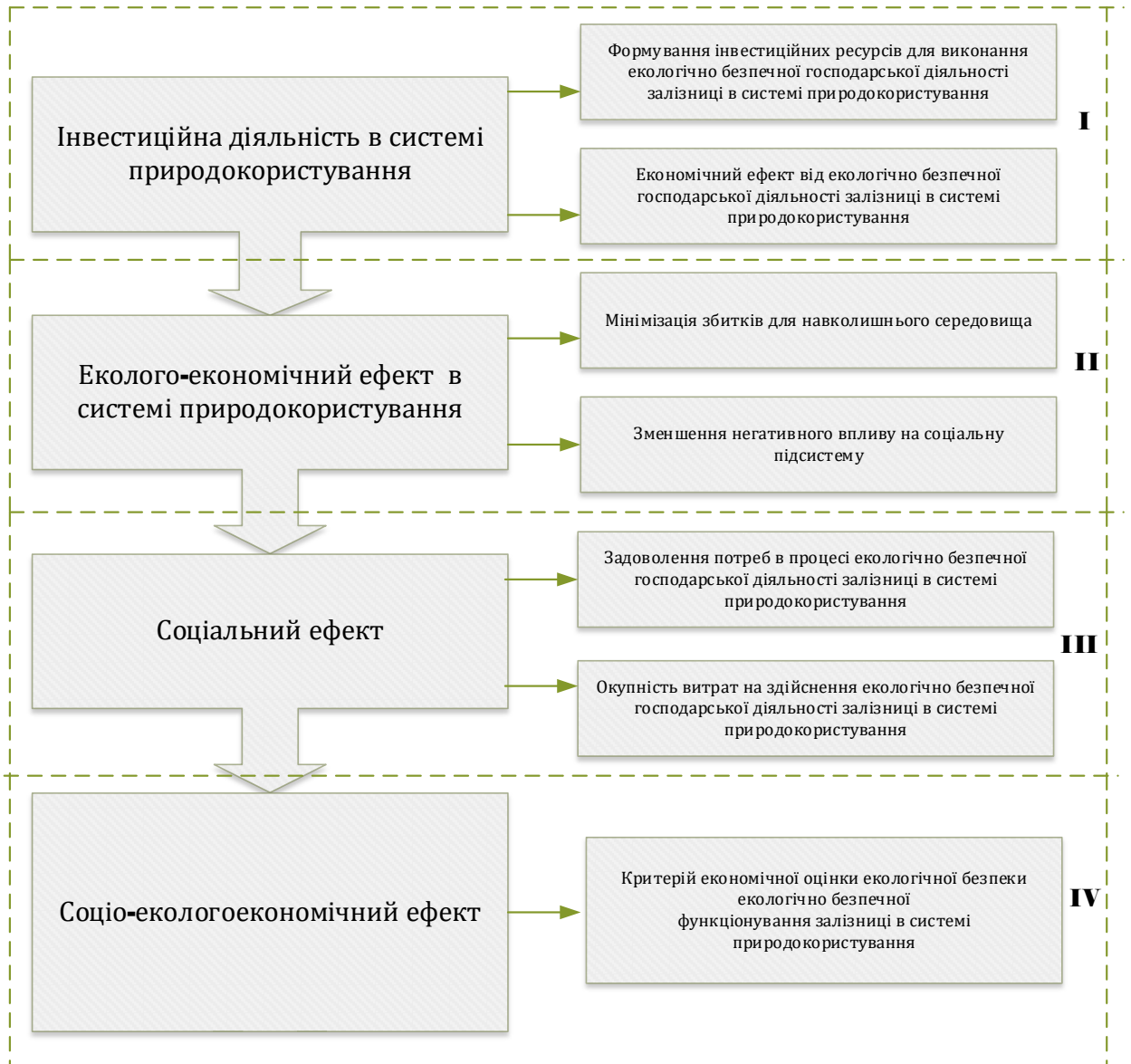


Рисунок 4.3 - Етапи вдосконалення оцінки екологічної безпеки функціонування об'єктів залізничного транспорту на урбанізованих територіях.

## **4.2 Розробка технічних рішень щодо відновлення експлуатаційних властивостей залізничної колії та зниження негативного впливу забруднень на навколишнє природне середовище**

Аналіз стану забрудненості баластового шару залізничного полотна та території, що безпосередньо прилягає до залізничного полотна, вказує на необхідність вжиття додаткових заходів щодо нормалізації їх еколого-експлуатаційних показників [39].

У зв'язку з накопиченням забруднюючих речовин та втратою експлуатаційних якостей земляного полотна залізничної колії здійснюються технічні заходи щодо його відновлення. Існуючий спосіб відновлення баластного шару залізничної колії включає видалення старого щебеню для розчищення земляного полотна, засипку на розчищене земляне полотно захисного баластного шару та його ущільнення, засипання нового щебеню [42]. На сьогоднішній день найбільш поширеним є використання щебеневого баласту на залізничній колії як найбільш ефективного. Тим не менш, у зв'язку з акумулюючими властивостями, він інтенсивно забруднюється в процесі експлуатації. Це відбувається через попадання на шлях забруднюючих речовин, що перевозяться рухомим складом, подрібнення щебеню від поїзного навантаження та впливу колійних машин. Основними забруднюючими речовинами є нафтопродукти.

Токсиканти погіршують експлуатаційні властивості щебеневого баласту і в результаті відбуваються деформації баластової основи колії. Через зниження коефіцієнта фільтрації баластного шару відбувається водонасичення. Так підвищення вологості баластного шару більше 56% провокує збільшення залишкових деформацій шляху в 5-7 разів, що призводить до суттєвого збільшення обсягів виправно-рихтувальних робіт [42].

Засмічення баласту зменшує його здатність пружно сприймати навантаження, що у свою чергу призводить до зростання динамічних сил

взаємодії колії та рухомого складу, призводить до збільшення навантаження в елементах верхньої будови колії, скорочуючи їхній ресурс.

При експлуатації протягом тривалого часу збільшуються залишкові деформації на шляху через втрату баластної призми своїх первісних властивостей. Деформації призводять до підвищення зносу верхньої будови колії. В результаті збільшуються витрати на перевезення та утримання рухомого складу. Зростають ризики надзвичайних ситуацій.

Наявність таких факторів визначає необхідність періодичного відновлення геометричних та фізико-механічних характеристик та параметрів щебеневої баластної призми. З цією метою проводиться очищення щебеню, а, при необхідності, і повна його заміна з використанням щебеню твердих порід [18, 39, 42].

Для відновлення дренажних і пружних властивостей баластної призми роблять очищення баласту від забруднюючих речовин. Основним методом сьогодні є використання технологій з глибокого очищення баластового шару без підймання шляху з використанням щебенеочисних машин, оснащених вібраційними гуркотами. Для виконання таких робіт в даний час використовуються комплекси для очищення щебеню та заміни баласту, такі як: ЩОМ-6БМ, RM-80 UHR, СЧ-601, СЧУ-800М, ЩОМ-1200ПУ, ЩОМ-6У, ЩОМ-1200, СЧ- 1000, СЧ-1200 та інші.

Способи виконання робіт багато в чому визначаються сучасними вимогами до баластної призми і диктуються якістю очищення щебеню, періодичністю його очищення при врахуванні виду ремонту та стану залізничної колії. Очищення баластної призми, зроблене якісно та своєчасно, дозволяє ефективно вирішувати комплекс проблем щодо поточного змісту шляху. Таке завдання можна вирішити за рахунок застосування нових технологій, з використанням прогресивних методів та машинних комплексів.

Поруч із технологічними вимогами не можна не брати до уваги забруднюючий вплив залізничної колії та екосистему регіону [50]. За рахунок перенесення стічними водами, на прилеглий території накопичуються

нафтопродукти та важкі метали, які справляють значний негативний вплив на функціонування мікробних угруповань, що беруть участь у перетворенні органічних речовин та у підтримці ґрунтової родючості.

Ґрунт вздовж залізничних ліній за рівнем забруднення солями важких металів та нафтопродуктами характеризується як зона надзвичайно високого забруднення. Нафтове забруднення викликає масову загибель ґрунтових безхребетних, особливо в перші дні забруднення, що говорить про прямий токсичний вплив нафти [28].

Основним показником (інтегральним критерієм) екологічної безпеки діяльності залізничного транспорту у регіоні є ступінь порушення природного балансу.

Природне середовище прилеглої до залізничного полотна території неспроможна впоратися з впливом залізничного транспорту, у разі необхідно проводити відновлювальні роботи.

Відомо, що для мети відновлення еколого-технічних характеристик ґрунту та запобігання накопиченню нафтових забруднень може використовуватися біоремедіація.

Метод біоремедіації заснований на технології очищення забрудненого ґрунту за рахунок застосування нафтоокисних мікроорганізмів або спеціальних біохімічних препаратів.

Метод біоремедіації найбільш ефективно застосовується у випадках, коли кількість нафти та нафтопродуктів надто мала, щоб застосовувати механічні засоби збирання їх із забрудненої поверхні. У зв'язку з цим його доцільно застосовувати, як профілактичний захід, для попередження накопичення ЗВ до критичних величин, а так само в місцях сполучення з природними територіями, що особливо охороняються, і водними об'єктами.

Мікробіологічне очищення ґрунтів - найбільш прийнятний метод очищення земель і вод, що використовує мікробіологічне розкладання нафти в місці розливу.

Внесення спеціальних біохімічних препаратів спрямоване на активізацію ґрунтових нафтоокисних мікроорганізмів, що мають здатність використовувати як єдине джерело живлення вуглеводні нафти, окислюючи їх до  $\text{CO}_2$  і води.

Первинне окислення нафти до органічних кислот, спиртів, кетонів і альдегідів забезпечується цими мікроорганізмами, але в наступних етапах у процес залучаються та інші фізіологічні групи мікроорганізмів.

Враховуючи складний склад нафти і неоднакову здатність різних груп вуглеводневих мікроорганізмів до засвоєння різних компонентів нафти, необхідно забезпечити вплив на нафту можливо більш складного за складом співтовариства мікроорганізмів.

У природній системі існує біологічний контрагент для кожного типу нафтової сполуки, який здатний включити цю речовину забруднює свій метаболізм. Це відбувається за рахунок використання джерела вуглецю як живильне середовище. В основному такі якості мають бактерії роду *Pseudomonas*, а також деякі види дріжджів і грибків.

При температурі навколишнього середовища в  $5-25^\circ\text{C}$  і за наявності достатньої насиченості киснем такі мікроорганізми здатні окислювати нафту та нафтопродукти зі швидкістю, що досягає 2 г/кв.м за день.

За умов низьких температур таке окиснення відбувається набагато повільніше.

Застосування біотехнології відновлення нафтозабруднених ґрунтів та ґрунтів в умовах Далекого Сходу, здатне забезпечувати 90-% очищення насиченого вуглеводнями ґрунту за період семи тижнів. З використанням методу вміст нафтопродуктів після обробки вбирається у гранично допустимого рівня (0,1 вагу. %).

Загалом деструкція вуглеводнів із застосуванням біопрепаратів нафтоокислювальної дії відбувається приблизно в 100 разів швидше, ніж у процесі природного розкладання [21].

З метою підтримки технологічних та екологічних властивостей залізничного полотна можна пропонувати використовувати нове технічне рішення: «екопотяг», що складається з локомотива – силової установки та спеціальних цистерн, з компресорами та зрошувальною системою [18] (рисунок 4.4).

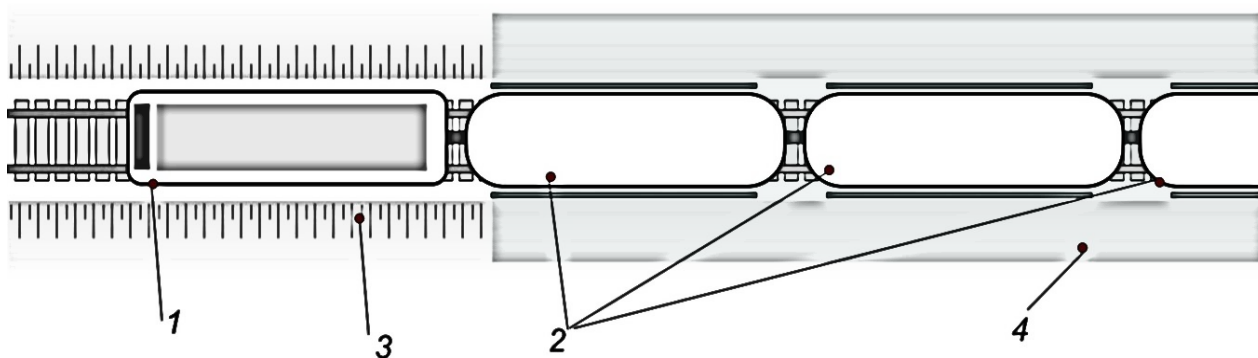


Рисунок 4.4 – Загальна схема комплектації та зони впливу «екопотягу»

1-локомотив, 2-спеціальна цистерна, 3-оброблюване полотно залізниці, 4-зона, оброблена спеціальними реагентами.

При встановленні температури навколишнього середовища вище 5°C доцільно обробляти забруднене земляне полотно залізниці один раз на 2 місяці спеціальними біологічно активними композиціями (БАК).

Для очищення території вноситься біологічно активна композиція у кількості 1-5% концентрації нафтових вуглеводнів у забрудненому ґрунті [18].

Пристрій складається з циліндричного герметичного резервуара (цистерни) та системи 1/2-дюймового розподільчого водопроводу, що охоплює весь об'єм. Серії труб пронизані поруч отворів, через які під тиском повітря, що нагнітається в цистерну, і розбризкується біологічно активна композиція. При обробці полотна (в теплу пору року) виробляється зрошення спеціальними реагентами, що прискорюють зростання бактерій, що беруть участь у розкладанні нафти.

Таким чином, для ліквідації вуглеводних забруднень використовується здатність мікроорганізмів руйнувати вуглеводні нафти.

Обробка біологічно активними композиціями [18] проводиться з метою активації біоремедіації, а також нейтралізації небезпечних речовин, що накопичуються в конструктивних елементах залізничного полотна та прилеглих територій.

Застосування даного методу виправдано, як в Закарпатському, Карпатському та Прикарпатському регіонів, в умовах мінливого клімату, коли процеси природного самоочищення нафтозабруднених ґрунтів протікають повільно та висока чутливість навколишнього природного середовища до будь-яких техногенних впливів, особливо механічних.

Використання технологій, що щадять природу, на основі ефективного стимулювання окислення мікроорганізмами вуглеводнів, в даному випадку, є обґрунтованим.

До складу "екопотягу" можна включити мобільну установку для ліквідації нафтових розливів, що дозволяє ефективно впливати на особливо забруднені ділянки [88]. За допомогою пристрою в місцях підвищеного забруднення на поверхню може наноситися сорбент - меліорант без необхідності подальшого збору, що дозволяє прискорити процес біоремедіації порушених земель з покращенням їхнього фітосанітарного стану.

Екологічна реабілітація полотна залізниці та прилеглої до нього території дозволить суттєво знизити негативний вплив залізничних перевезень на унікальні природні системи Далекосхідного регіону.

Застосування установки дозволить проводити зниження концентрації забруднюючих речовин та підтримувати експлуатаційні властивості земляного полотна без дорогих робіт із його заміни з метою попередження надзвичайних ситуацій.

## ВИСНОВКИ

Вирішення еколого-економічних проблем розвитку залізничного транспорту передбачає залучення цілого комплексу різних галузей наукового знання, у тому числі: соціології, економіки, загальної теорії систем. Узагальнення результатів цих досліджень потребує застосування комплексного проблемно-орієнтованого підходу.

Одним із рішень цього питання є електронні карти виявлених уразливостей – об'єктів, чутливих до дії певних факторів. Для цього необхідно мати інформацію про характеристики осередку, що дозволить скласти уяву про схожість (відмінність) об'єктів та факторів на основі картографічних та статистичних даних.

Результатом геоінформаційного аналізу є карти ранжирування вразливостей території впливу залізниці, що дозволяють ефективно організувати функцію «реагування» при інцидентах та надзвичайних ситуаціях.

В магістерській роботі було досліджено та проаналізовано підходи до еколого-економічної оцінки функціонування залізничного транспорту на урбанізованих територіях, розглянуто економічний та екологічний аспекти охорони навколишнього середовища та підвищення ефективності природокористування.

Сформовано загальний теоретико-концептуальний підхід до управління розвитком системи природокористування на залізничному транспорті, визначено основні принципи управління.

Виявлено умови та форми взаємодії елементів системи природокористування з метою збереження та покращення стану навколишнього середовища на урбанізованих територіях, виходячи з особливостей господарської діяльності залізничного транспорту, задля забезпечення еколого-економічної безпеки країни.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Абдуллин, И.Ш. Единый эколого-технологический комплекс модификации среды обитания человека с помощью сорбционной очистки гидросферы [Текст] / И.Ш. Абдуллин и [др.]. - Казань: издательство КГТУ, 2001. - 419 с.
2. Акимов, В.А. Природные и техногенные чрезвычайные ситуации: опасности, угрозы, риски [Текст] / В.А. Акимов, В.Д. Новиков, Н.Н. Радев - М.: ЗАО ФИД «Деловой экспресс», -2000. -344 с.
3. Анализ ситуации загрязнения окружающей среды нефтепродуктами [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.delojug.ru/viewarticle.aspx?aid=54>
4. Багров А.И. Техногенные системы и теория риска. [Текст] / А.И. Багров, И.К. Мурзатов. - Рязань: РГУ имени С.А. Есенина. -2010. -205 с.
5. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / под ред. О. П. Мелеховой. М.: Академия, 2010. -288 с.
6. Блиновская Я.Ю. Информационное обеспечение экологической безопасности при разработке нефтяных месторождений на шельфе [Текст] / Блиновская Я.Ю. - Владивосток: МГУ им. Г.И. Невельского, 2006.- 232 с.
7. Долбнева Ж.А. Геоинформационные системы на интернет-платформах // ГИАБ. 2011. №56. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/geoinformatsionnye-sistemy-na-internet-platformah-1>.
8. Бушман, Е.Х. Расчет тонкостенных резервуаров: Методические указания на выполнение расчетно-проектировочных работ [Текст] / Е.Х. Бушман, Р.В., Киселевич. - Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2003. - 15 с.
9. Вакуумный нефтесборщик. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://www.specudm.ru/production/catalog\\_4/neftesbornoe\\_oborudovanie/vakuumnaja\\_ustanovka](http://www.specudm.ru/production/catalog_4/neftesbornoe_oborudovanie/vakuumnaja_ustanovka).

10. Вкладыш в железнодорожный вагон полипропиленовый ламинированный. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://magnitogorsk.pulscen.ru/products/vkladysh\\_v\\_zhd\\_vagon\\_polipropilenuy\\_laminirovanny\\_bxhxl\\_3000kh2000kh13000\\_10922248#ixzz2iS7V3zFe](http://magnitogorsk.pulscen.ru/products/vkladysh_v_zhd_vagon_polipropilenuy_laminirovanny_bxhxl_3000kh2000kh13000_10922248#ixzz2iS7V3zFe)
11. Голубев Г. Н. Геоэкология: учебник / Г. Н. Голубев. М.: Геос, 2006. 338 с.
12. Трофимов А. М. Региональный геоэкологический анализ /А. М. Трофимов, В. А. Рубцов. Казань: Меддок, 2005. 228 с.
13. Гоник, А.А. Уроки экологической катастрофы [Текст] / А.А. Гоник // Энергия: экономика, техника, экология. - Журнал Президиума РАН, 1999. -В. N 6. - С. 19-24.
14. Власенко, В.Д. Кластерный анализ: методические указания к изучению курса и задания к лабораторным работам для студентов математических и экономических специальностей [Текст] / В. Д. Власенко. - Хабаровск: Изд-во Тихоокеанского гос. ун-та, 2006. – 32 с.
15. Влияние железнодорожного транспорта на экологию. Природа внутри - Режим доступа: <http://zelifе.ru/ekoplanet/transport/136railway-eco/332-railwayecology.html>
16. Зеленко Ю. В. Разработка мероприятий по ликвидации экологических последствий транспортных аварий с нефтепродуктами: монография / Ю. В. Зеленко. – Д.: Издательство Маковецкий, 2010. – 192 с.
17. Зеленко Ю. В. Наукові основи екологічної безпеки технологій транспортування та використання нафтопродуктів на залізничному транспорті: монографія / Ю. В. Зеленко. – Д.: Издательство Маковецкий, 2010. – 242 с.
18. Zelenko Yu. Scientific foundation of management of the environmental safety of oil product turnover in railway transport / Zelenko Yu., Myamlin S., Sandovskiy M. – Д.: Издательство Литограф, 2014. – 332 с.
19. Воробьев, Д.С. Опыт применения инновационных технологий биоремедиации природных сред, загрязненных нефтью и

нефтепродуктами [Текст] / Д.С. Воробьев, С.В. Лушников, Н.А. Митрофанова, Ю.А. Франк // Материалы научно-практ. конференции «Исследования и разработки по предупреждению аварийных разливов нефти и ликвидация их последствий». - М.: Экспорт-Импорт, 2007. - с. 197-202.

20. Временное положение о системе независимой оценки рисков в области пожарной безопасности, гражданской обороны и защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://firedata.ru/vrempolozh.html>
21. Вылкован, А.И. Современные методы и средства борьбы с разливами нефти [Текст] / Вылкован А.И., Венцюлис Л.С, Зайцев В.М.и [др.] // - СПб.: Центр - Техинформ, 2000. -208 с.
22. Галушко, Л.Я. Получение активированных углей из фруктовых косточек [Текст] / Л.Я.Галушко, В.А.Хазипов, Л.В.Пашенко, В.И. Саранчук // Химия твердого топлива.–1998.– Т. 56, №3.– С. 33-38.
23. Занько, Н.Г. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие. 11-е изд., испр. и доп. [Текст] / Занько Н.Г., Малаян К.Р., Русак О.Н. Под ред. О.Н. Русака. - СПб.: Издательство «Лань», 2007. -276 с.
24. Государственная Концепция транспортной безопасности. [Электронный ресурс]. // Информационный портал Госбук. - Режим доступа: <http://www.gosbook.ru/node/23850>
25. Гуммирование технологического оборудования, трубопроводов, котлов железнодорожных цистерн [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://demo.hod.ru/publication/read.php?pid=4182>
26. Глонасс-К [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%BB%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D1%81%D1%81-%D0%9A>
27. Калиберда, И.В. Регулирование безопасности объектов использования атомной энергии и снижение рисков чрезвычайных ситуаций

- природного и техногенного происхождения [Текст] / И.В. Калиберда // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. -2001. - № 3, - С.102-111.
28. Капелькина, Л.П. Особенности рекультивации нефтезагрязненных болотных почв [Текст] / Л.П. Капелькина, Л.А. Малышкина // Материалы научно - практ. конференции «Исследования и разработки по предупреждению аварийных разливов нефти и ликвидация их последствий». - 2007. - М.: Экспорт-Импорт, - С. 315-323
29. Карлащук, В.И. Спутниковая навигация. Методы и средства [Текст] / Карлащук В.И. Изд. 2-е переработанное и дополненное. - М: СОЛОН-Пресс, -2009. - 288 с.
30. Катин, В.Д. Ранжирование территории влияния железной дороги в минимизации рисков чрезвычайных ситуаций [Текст] / В.Д. Катин, А.Н. Луценко // Евразийский союз ученых (ЕСУ). - 2014. - № 4. -С. 109-111 (ISSN 2575-7999).
31. Катин, В.Д. Эффективные устройства для повышения безопасности перевозок опасных грузов на железнодорожном транспорте [Текст] / В.Д. Катин, А. Н. Луценко // Безопасность жизнедеятельности. - 2013. - № 5 (149). - С. 10-12.
32. Гаськевич О. В., Позняк С. П. Структура ґрунтового покриву Гологоро-Кременецького горбогір'я: монографія. Львів: Вид. центр ЛНУ ім. І. Франка, 2007. —208 с.
33. Радзій В. В., Позняк С. П. Структура ґрунтового покриву Волинської височини: монографія / Луцьк: РВВ “Вежа” ВНУ ім. Лесі Українки, 2009. —288 с
34. Папіш І. Я., Позняк С. П. Ґрунтово-географічне районування : становлення, нові підходи // Український географічний журнал. 2012. № 2. С. 18–22

35. Ким, Д.О. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ [Текст] / Д.О.Ким, Ч.У. Мьюллер, У.Р. Клекка // - М.: Финансы и статистика, 1989. - 215 с.
36. Кластерный анализ в задачах социально-экономического прогнозирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.roman.by/r-46504.html>
37. Клещенок, С.Е. Анализ существующих технологий рекультивации нефтезагрязненных почв [Текст] / С.Е.Клещенок, Д.С.Подавальный, Е.Е. Булгаков // Молодёжь и наука: Сборник материалов VIII Всероссийской научнотехнической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. Красноярск: СФУ, 2012.
38. Клявин, А. Использование спутниковых навигационных систем на морском и речном транспорте [Электронный ресурс]. / А. Клявин // Мореплавание. Морской флот -№5, -2007. - Режим доступа: <http://www.morflot.su/archives/articles1622file.pdf>
39. Малов Н. Н., Коробов Ю. И. Охрана окружающей среды на железнодорожном транспорте. - М.: Транспорт, 2004. - с. 238.
40. Костиков, В.А. Надежность технических систем и техногенные риски [Текст] / Костиков В.А. -М.: МГТУГА, -2008. -136 с.
41. Кочкаров, А.А. Обеспечение стойкости сложных структурных систем [Электронный ресурс]. / А.А. Кочкаров, Г.Г. Малинецкий // ИПМ им. Келдыша РАН.-2005 Режим доступа: [http://www.keldysh.ru/papers/2005/prep53/prep2005\\_53.html](http://www.keldysh.ru/papers/2005/prep53/prep2005_53.html)
42. Краснов, О.Г. Повышение эффективности глубокой очистки балласта железнодорожного пути совершенствованием щебнеочистительных устройств: автореф. дис. ...канд. техн. наук: [Текст] 05.22.06/ Краснов Олег Геннадьевич. СПб., 2002. -160 с.
43. Крупенин, С.С. Применение геоинформационных систем для обеспечения пожарной безопасности на железнодорожном транспорте. Новые материалы и технологии в машиностроении [Текст] /

С.С.Крупенин, М.Р. Матигулин // Сборник научных трудов по итогам международной научно-технической конференции. Выпуск 7. - Брянск: БГИТА, 2007. - 171 с.

44. Ксендзук, А.В. Использование спутниковых навигационных систем ГЛОНАСС/GPS для дистанционного зондирования поверхности [Текст] / А.В. Ксендзук // Электромагнитные волны и электронные системы. - 2003. - Т. 8. - №. 5. - С. 8-15
45. Кузнецов Б.Н. Синтез и применение углеродных сорбентов / Б.Н. Кузнецов - М.: Химия,1999. -75с.
46. Кузнецов, А.Е. Научные основы экобиотехнологии / А.Е. Кузнецов, Н.Б. Градова. - М.: Мир, -2006.-504 с.
47. Кузьмин, И.И. Безопасность и риск: эколого-экономические аспекты / И.И.Кузьмин, Н.А.Махутов, С.В. Хетагуров - СПб.: СПб государственный университет экономики и финансов, 1997. -76 с.
48. Лисенков, В.М. Статистическая теория безопасности движения поездов: [Учеб. для вузов ж. д. транспорта]. / В. М. Лисенков // М-во путей сообщ. –М.: ВИНТИ, 1999. -331 с.
49. Луценко, А.Н. ГИС ГЛОНАСС в обеспечении предупреждения и оперативной ликвидации ЧС на железнодорожном транспорте [Текст] / А. Н. Луценко, В. Д. Катин // Материалы III Международной научно-практической конференции в рамках Форума «Безопасность и связь». - Казань, 2014. - С. 664-668.
50. Луценко, А.Н. Пути снижения загрязнения железнодорожного полотна в Дальневосточном регионе [Текст] / А. Н. Луценко, В. Д. Катин // Вестник ВСГУТУ. - 2013. - № 3 (42). - С. 187-192.
51. Дзуліт, З.П., 2016. Економіко-екологічне управління сталим розвитком підприємств залізничного транспорту: теорія, методологія, практика. К.: ДЕДУТ.
52. Дзуліт, З.П., 2017. Розробка комплексу моделей оцінки системи економіко-екологічного управління сталим розвитком підприємств

залізничного транспорту. В: The Strategic Potential of the State and Territorial Development [collective monograph] / European Institute of Further Education – Donetsk State University of Management: Slovak Republic, Podhajska, pp. 204-217.

## СПИСОК РИСУНКІВ

Рисунок 1.1 – Структурована система природокористування на залізниці

Рисунок 1.2 – Принципова схема геоecологічного прогнозування

Рисунок 1.3 – Етапи геоecологічного прогнозування

Рисунок 3.1 - Схема моніторингу залізничних цистерн із небезпечним вантажем.

Рисунок 3.2 - Схема дистанційного зондування поверхні Землі за допомогою використання СНР ГЛОНАСС

Рисунок 3.3 - Схема комплексної оцінки території. (Природно-техногенні фактори, Схема захисту територій і населених пунктів від небезпечних геологічних і гідрогеологічних процесів)

Рисунок 3.4 – Приклад еколого-географічного районування Львівської області

Рисунок 4.1 - Структура економічних проблем оцінки екологічної безпеки урбанізованих територій під впливом залізничної інфраструктури у системі природокористування

Рисунок 4.2 - Основні підходи до оцінки природокористування об'єктів ремонту рухомого складу.

Рисунок 4.3 - Етапи вдосконалення оцінки екологічної безпеки функціонування об'єктів залізничного транспорту на урбанізованих територіях.

Рисунок 4.4 – Загальна схема комплектації та зони впливу «екопотягу»

## СПИСОК ТАБЛИЦЬ

Таблиця 1.1 – Структура надзвичайних подій