

Міністерство освіти і науки України



**ДНІПРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ
імені академіка В. ЛАЗАРЯНА**

Кафедра «Хімія та інженерна екологія»

«До захисту»

Зав.кафедрою

Д.т.н. професор

_____ Ю.В.Зеленько
«__» _____ 20__р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня «Магістр»

Галузь знань 10 Природничі науки

Спеціальність 101 Екологія

ОП Екологія

Тема: «Формування критеріїв екологічної безпеки вторинного
використання елементів верхньої будови колії»

Theme "Formation of environmental safety criteria's for the secondary use the
upper structure elements of the railway track"

Керівник дипломної
роботи

доцент _____ (підпис) Сорока М. Л.

Студент групи

ЕО 1921 _____ (підпис) Горб А. В

student

Gorb A. V.

Дніпро
2020 р.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна

Факультет: «Промислове та цивільне
будівництво»
Кафедра: «Хімія та інженерна екологія»
Спеціальність: 101 «Екологія»
ОП «Екологія»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедрою

Ю.В.Зеленько

«__» _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

до дипломної магістерської роботи студента

Горба Анатолія Володимировича

1. Тема роботи: «Формування критеріїв екологічної безпеки вторинного використання елементів верхньої будови колії»

затверджена наказом по університету № 177-ст від «13» травня 2020р.

2. Термін подання студентом закінченої роботи 01 грудня 2020 року.

3. Вихідні дані до роботи: Нормативно-правові акти та нормативні документи в сфері організації та будівництва залізниць, природоохоронні Директиви ЄС, План імплементації угоди про співробітництво Україна-ЄС, результати хімічних і токсикологічних досліджень баласту залізниць.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань до розробки): Аналіз технічного регулювання будівництва і реконструкції елементів баластної призми залізничних доріг в Україні; Аналіз нормативів Екологічної безпеки вторинного використання баластної призми в Україні; Будівництво та реконструкція залізниць відповідно до вимог сучасного екологічного законодавства України. Експериментальний моніторинг вмісту важких металів в баласті і землях відводу залізничної колії; Технології поводження з «відпрацьованим баластом» залізничного шляху відповідно до сучасних вимог екологічного законодавства.

5. Перелік демонстраційного матеріалу: мультимедійна презентація за результатами виконання дипломної роботи у обсязі до 20 слайдів, які повною

мірою відображають актуальність поставленої мети та задач дослідження, методологію та постановку експериментів, практичну та наукову новизну отриманих результатів.

6. Консультанти:

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва розділів магістерської роботи	Термін виконання розділів роботи	Примітка
1.	Аналіз технічного регулювання будівництва і реконструкції елементів баластної призми залізничних доріг в Україні.	до 23.10.2020	
2.	Аналіз нормативів Екологічної безпеки вторичного використання баластної призми в Україні.	до 23.10.2020	
3.	Будівництво та реконструкція залізниць відповідно до вимог сучасного екологічного законодавства України. Експериментальний моніторинг вмісту важких металів в баласті і землях відводу залізничної колії.	26.10.2020 - 06.11.2020	
4.	Технології поводження з «відпрацьованим баластом» залізничного шляху відповідно до сучасних вимог екологічного законодавства.	09.11.2020 - 20.11.2020	
5.	Вступ та висновки.	23.11.2020 - 27.11.2020	
6.	Рецензування, перевірка на дотримання вимог академічної доброчесності.	01.12.2020 - 10.12.2020	

7. Дата видачі завдання: «13» травня 2020 р.

Керівник магістерської роботи _____ Сорока М. Л.

Завдання прийняв до виконання _____ Горб А. В.

РЕФЕРАТ

Горб А. В. Дипломна магістерська робота на тему «Формування критеріїв екологічної безпеки вторинного використання елементів верхньої будови колії»: 77 с., 7 рис., 15 табл., 70 дж.

БАЛАСТНА ПРИЗМА, ЗАБРУДНЕННЯ, ЗАЛІЗНИЧНИЙ ШЛЯХ, СТАНДАРТ, ЗАКОН, ЩЕБІНЬ, ОВД.

Об'єкт дослідження – способи і процеси вторинного використання елементів баластної призми залізничної колії згідно з сучасними нормами українського та європейського законодавства.

Ціль роботи – визначити як вимоги сучасного природоохоронного законодавства України і Європейського союзу вплинуть на екологічну діяльність в поводженні з баластом на залізничному транспорті України.

Методи дослідження – загальнонаукові методи пошуку, аналізу та узагальнення наукової і технічної інформації, спеціальні методи правового аналізу, юридично-догматичний метод, метод аналогії законодавства, прецедентний метод, методи спеціального хімічного аналізу ґрунтів.

В роботі проведено аналіз періодів роботи баластної призми та можливих негативних факторів з якими вона може стикатися під час роботи. Визначені процедури та зони відповідальності при ремонті, експлуатації реконструкції залізничної колії згідно з аналізом сучасного законодавства України та ЄС.

Під час проведення хімічних аналізів та на підставі аналізу відомих наукових публікацій був визначений ступінь забруднення баласту сполуками важких металів і нафтопродуктів. Був проведений аналіз нормативів екологічної безпеки, що застосовуються при вторинному використанні матеріалів баластної призми в Україні.

Складений висновок щодо результатів роботи.

ABSTRACT

Gorb A. V. Diploma master's work on the topic "Formation of environmental safety criteria's for the secondary use the upper structure elements of the railway track": 77 p., 7 fig., 15 tabl., 70 source.

BALLAST PRISM, POLLUTION, RAILWAY, STANDARD, LAW, RUBBLE, EIA.

The object of study – methods and processes of secondary use of ballast prism elements of the railway track in accordance with modern norms of Ukrainian and European legislation.

The aim of the work is to determine how the requirements of modern environmental legislation of Ukraine and the European Union will affect the environmental activities in the management of ballast on the railway transport of Ukraine.

Methods of study – general scientific research methods, analysis and synthesis of scientific and technical information, special methods of legal analysis, legal dogmatic method, similar legislation, precedent method, a special chemical analysis of soils.

The paper analyzes the periods of ballast prism operation and possible negative factors that it may encounter during operation. Procedures and areas of responsibility for the repair, operation of the reconstruction of the railway track in accordance with the analysis of modern legislation of Ukraine and the EU.

During chemical analyzes and on the basis of analysis of known scientific publications, the degree of contamination of ballast with compounds of heavy metals and oil products was determined. An analysis of environmental safety standards used in the secondary use of ballast prism materials in Ukraine was conducted.

The conclusion on results of work is made.

ЗМІСТ

	С.
Вступ.....	9
1 Аналіз технічного регулювання будівництва і реконструкції елементів баластної призми залізничних доріг в Україні.....	12
1.1 Життєвий цикл баластної призми залізничного шляху.....	12
1.2 Аналіз технічних вимог до баластної призми колії.....	15
1.3 Залізничний шлях як джерело первинного та вторинного забруднення.....	18
1.4 Вплив транспортного процесу на вміст забруднюючих речовин у ґрунтах земель відводу залізниць.....	20
1.5 Особливості забруднення баласту залізничної дороги.....	22
1.6 Втрати при перевезенні вантажу як причина забруднення баласту залізничного шляху.....	25
2 Аналіз нормативів екологічної безпеки вторинного використання баластної призми в Україні.....	30
2.1 Аналіз нормативів екологічної безпеки ґрунтів.....	30
2.2 Аналіз міжнародних нормативів екологічної безпеки ґрунтів.....	37
2.3 Міжнародний досвід аналізу рівня забруднення ґрунтів і відходів.....	39
3 Експериментальний моніторинг вмісту важких металів в баласті і землях відводу залізничної колії.....	43
3.1 Аналіз специфіки оцінки впливу на навколишнє середовище в Україні.....	43
3.2 Відмінності процедур екологічної експертизи і ОВД.....	46
3.3 Аналіз норм відповідальності за порушення природоохоронного законодавства.....	49
3.4 Аналіз правових ризиків порушення процедур ОВД при будівництві	51

та реконструкції залізничних шляхів.....	
3.5 Експериментальний моніторинг вмісту важких металів в баласті і землях відводу залізничної колії України.....	53
3.5.1 Опис процесів відбору проб баласту.....	53
3.5.2 Результати визначення середнього вмісту важких металів в пробах баласту і ґрунту.....	53
3.6 Аналіз середнього значення забруднення баласту залізниць сполуками важких металів.....	56
4 Технології поводження з «відпрацьованим баластом» залізничного шляху відповідно до сучасних вимог екологічного законодавства.....	58
4.1 Загальні питання в поводженні з «відпрацьованим» баластом і рекультивації земель залізниць.....	58
4.2 Аналіз існуючих схем поводження з відходами відпрацьованих баластних матеріалів.....	59
4.3 Огляд способів очищення відходів і «відпрацьованого баласту» від забруднення.....	62
4.3.1 Очищення забрудненого баласту на місці.....	64
4.3.2 Використання в основі шляху.....	64
4.3.3 Промивання.....	65
4.3.4 Гравітаційне збагачення «відпрацьованого» баласту.....	67
4.3.5 Складування в відвал дуже забрудненого баласту.....	67
4.4 Порівняльний аналіз різних способів поводження з забрудненим баластом залізничної колії.....	67
Висновки.....	71
Список використаних джерел.....	77

ВСТУП

Залізнична колія є головним комплексом інженерних споруд і пристроїв залізничного транспорту. При цьому баластний шар є одним з важливих компонентів для забезпечення безпечної роботи шляху [1]. Екологічному регулюванню будівництва, ремонту, модернізації та обслуговування залізничної колії довгий час не надавалося належної уваги. Це призвело до того, що правила, положення та інструкції стали ізольованими від сучасних вимог інших сфер законодавства.

Відповідно до Угоди про партнерство між Україною і Європейським Союзом відбувається інтенсивна апроксимація Директив ЄС в законодавство України. Апроксимація природоохоронного законодавства Європейського союзу – найбільш складний план, який потребує змін в усіх інших галузях. Відповідно до міжнародних зобов'язань в Україні вводяться неспецифічні для залізничного транспорту документи: Директива 2011/92/ЄС про оцінку впливу на навколишнє середовище, Директива 2003/35/ЄС про оцінку планованих видів діяльності, Директива 2008/98/ЄС про спеціальне поводження з відходами виробництва, Директива 2010/75/ЄС про інтегрований контроль і запобігання забруднень, додаткові положення та виключення з реєстру найкращих доступних технологій.

Ці зміни законодавчого та нормативного поля в Україні пройшли непоміченими з боку органів управління, тому що ці зміни прямо не відносяться до галузі залізничного транспорту. Незважаючи на це, апроксимація природоохоронного законодавства в Україні поширюється на всі види діяльності.

При господарській діяльності структурних підрозділів залізниць, перевезення вантажів і пасажирів відбувається забруднення земляного полотна, смуги відведення перегонів, ґрунту виробничих територій

нафтопродуктами, солями важких металів і хвороботворними мікроорганізмами [2]. Забруднення навколишнього середовища важкими металами є, в даний час, однією з головних екологічних проблем сучасності. При стиранні ходових частин, витоку і розсипання вантажів в ґрунт надходять такі важкі метали, як залізо, хром, марганець, кобальт, свинець та інші. Потрібно відзначити, що надходження шкідливих речовин в навколишнє середовище здійснюється як при регламентній роботі процесу перевезень, так і при різних витоках і не дотриманні правил техніки безпеки при транспортуванні різних вантажів [42]. Збільшення кількості транспортних шляхів на одиницю площі, а також вантажопотоків по ним сприяє не тільки забрудненню навколишнього середовища, але й ерозії ґрунту, вторинному засоленню, зменшенню його міцності. Ґрунти уздовж залізниць відрізняються від природних по водно-фізичним властивостям і хімічному складу. Вони переущільнені, ґрунтові горизонти перемішані з побутовими відходами, речовинами та матеріалами, що перевозяться по ним [43].

Це пояснює актуальність і значущість обраної теми для магістерської роботи.

Ціль магістерської роботи – визначити як вимоги сучасного природоохоронного законодавства України і Європейського союзу вплинуть на екологічну діяльність в поводженні з баластом на залізничному транспорті України.

Щоб досягти вибраної цілі були проведені наступні види діяльності:

- проведено аналіз вимог сучасного екологічного законодавства України та ЄС у частині будівництва та реконструкції залізниць;
- проведена оцінка впливу на довкілля життєвого циклу баласту верхньої будови залізничної колії;
- проведено аналіз і узагальнення нормативів екологічної безпеки вторинного використання баластної призьми в Україні;

– проведено огляд доступних технологій поводження з «відпрацьованим» баластом залізничної колії відповідно до сучасних вимог екологічного законодавства.

Об'єкт дослідження – способи і процеси вторинного використання елементів баластної призми залізничної колії згідно з сучасними нормами українського та європейського законодавства.

Предмет дослідження – нормативи екологічної безпеки, які застосовуються до матеріалу баласту залізничної колії.

Методи дослідження – загальнонаукові методи пошуку, аналізу та узагальнення наукової і технічної інформації, спеціальні методи правового аналізу, юридично-догматичний метод, метод аналогії законодавства, прецедентний метод, методи спеціального хімічного аналізу ґрунтів.

Наукова новизна магістерської роботи полягає в комплексній еколого-правовій оцінці баласту залізничної колії відповідно до сучасних вимог природоохоронного законодавства.

Практичними результатами магістерської роботи є:

- а) описані процедури і зони відповідальності при ремонті, експлуатації реконструкції залізничної колії у відповідності з Законом України «Про оцінку впливу на навколишнє середовище».
- б) встановлено причини забруднення баласту сполуками важких металів і нафтопродуктів, а також фактори, які впливають на накопичення і розподіл цих забруднюючих речовин.
- в) доведено, що «відпрацьовані» баласт і його відсів є небезпечними відходами та вимагають спеціального поводження, відповідно до вимог сучасного природоохоронного законодавства.
- г) сформовано перелік критеріїв, які встановлюються до технологій очистки і промивки баласту для його нормативного повторного використання.

д) запропоновано нові критерії регулювання якості та відбраковування матеріалів баласту залізничної колії за критеріями екологічної безпеки.

ж) проведено оцінку сучасного екологічного законодавства в сфері залізничного транспорту України.

Магістерська робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків та списку використаних джерел. Робота складається з 77 сторінок основного тексту та 7 рисунків, 15 таблиць і 70 посилань на літературні джерела.

1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ БУДІВНИЦТВА І РЕКОНСТРУКЦІЇ ЕЛЕМЕНТІВ БАЛАСТНОЇ ПРИЗМИ ЗАЛІЗНИЧНИХ ДОРІГ В УКРАЇНІ

1.1 Життєвий цикл баластної призми залізничного шляху

Традиційно, можна виділити чотири умовних періоди життєвого циклу баластної призми [69,70]. Найбільш інтенсивно залишковий осад накопичується в перший початковий період роботи баластного шару. При цьому основна частина осаду виникає через зменшення об'єму пустот в зв'язку з перепакуванням зерен і відколом гострих граней [5]. Щоб зменшити ці деформації, потрібно забезпечити максимальне ущільнення баласту при укладанні його на шлях з використанням віброущільнювальних машин. В цей період початкова щільність, або максимальна пустотність, щебню в насипному стані становить 0,45...0,50, в експлуатації 0,36...0,40. Для нормальної роботи залізничного шляху максимальна щільність щебню повинна становити 0.33...0.34.

Через баластний шар тиск від шпал передається на основний майданчик земляного полотна. Для забезпечення рівномірного розподілу тиску на його поверхні, необхідно мати певну товщину баластного шару, при якій напруга на основному майданчику земляного полотна не виходила б за межі допустимих значень. При інтенсивній експлуатації залізничної колії у баластній призмі можуть виникати механічні руйнування та відколи.

Другий період роботи баластного шару (період нормальної експлуатації) настає після зменшення інтенсивності накопичення залишкових деформацій [3]. Далі деформації відбуваються, в основному, за рахунок випинання щебню в шпальні ящики та торці шпал, частково за рахунок вдавнення зерен щебню в піщану подушку.

Під час третього періоду роботи баластного шару інтенсивність нерівномірних залишкових осадів знову збільшується. Це спричинено тим,

що після пропуску певного тоннажу шар забруднюється продуктами механічного руйнування баластного матеріалу, що відбувається за рахунок значного випирання забрудненого баласту з під шпал (або других рельсових опор), їх отрясення та виплеску [3, 4, 70]. При русі поїзду в елементах верхньої будови колії, в тому числі в баластному шарі, відбуваються вібрації різної інтенсивності, що приводить до зростання силового впливу на баласт і зниженню його стійкості внаслідок дедалі більшої рухливості зерен. Збільшення сил, спрямованих вниз, розклинає щебінь та підвищує тиск під подошвою шпали. Зі збільшенням тиску на баласт (в тому числі і при повороті шпал) засмічені зерна витискають щебінь в шпальні ящики. Дані динамічні сили також сприяють проникненню частинок щебню в піщану подушку [4].

Внаслідок навантаження від поїзду, вібраційного впливу колійних машин (ВПО, ВВР) (що поступово ущільнюють зерна баласту), відколу граней і абразивного зносу частинок відбуваються залишкові деформації. Залишкові деформації з'являються після граничного ущільнення баласту за рахунок видавлювання частинок (в шпальні ящики, за торці шпал, в піщану подушку). Нерівномірні осади шляху відбуваються через неоднаковість тисків у різних перетинах шляху в поздовжньому і поперечному напрямках. Тому значну роль грає правильний вибір зернового складу баласту і основних розмірів баластної призми (товщини під шпалою, ширини плеча за торцями шпал, крутизни укосу призми) [6].

Останнім періодом життєвого циклу баласту є його відбраковування по параметрам забрудненості, засміченості та експлуатаційної непридатності. Забрудненість визначається за двома показниками [7]:

- кількістю накопичених в баластному шарі засмічувача та забруднювача у відсотках по відношенню до його об'єму;
- кількістю виплеску, тобто кількістю шпал у відсотках на 1 км шляху, де баласт втратив фільтраційну здатність і стійкість.

Причинами забруднення та засмічення щебню є стирання (знос) щебню в процесі його роботи в шляху під навантаженням поїзда, а також в результаті його засмічення і забруднення частинками перевезених вантажів, пилом і водою.

Питома вага засмічувача і забруднювача в цьому випадку відрізняється від об'ємної ваги щебню та реалізується за рахунок поступового заповнення порового простору (рис. 1).



Рисунок 1 – Шарувата структура забруднених баластних шарів під рельсошпальними ґратами [8]

Забруднення та засмічення різко знижує несучу здатність і опірність зрушенню баластної призми, що викликає розлад шляху. Для щебеневого баласту засмічувачами вважаються фракції від 0,1 мм до 25 мм, а забруднювачами фракції менше 0,1 мм, вугільні, глинисті та інші.

Допустимими нормами засмічення щебеневого баласту є 35 % (від об'єму пор), а забруднення – 15 %.

1.2 Аналіз технічних вимог до баластної призми колії

ДСТУ Б В.2.7-208:2009 визначає основні вимоги та технічні умови до гравійного і гравійно-піщаного баласту для залізничної колії [9]. Цей стандарт застосовують для матеріалів, які використовують як баластний шар залізничної колії загального користування, а також доріг підприємств і організацій:

- на приймальних та інших станційних коліях, а також як подушка під баласту зі щебенем і азбестом;
- на коліях станцій, що рідко використовуються, на під'їзних та з'єднувальних коліях і як подушка під всі види баластів.

Залежно від зернового природного складу піщано-гравійної суміші баласт розділяють на гравійний і гравійно-піщаний. При цьому матеріали для баласту регулюються за такими параметрами:

- а) зерновий склад (табл. 1.1).
- б) вміст кварцових зерен міцних вивержених і метаморфічних гірських порід.
- в) вміст зерен слабких порід;
- г) вмістом глинистих і пилоподібних часток.

Таблиця 1.1 – Вимоги до зернового складу матеріалів баласту залізничної колії [9]

Розмір отворів сита, мм	Повні залишки на ситах, % по масі, в балласті	
	Гравійному	Гравійно-пісчаному
100	0	0
60	До 10	0
25	—	До 20
5	Від 40 до 80	До 50
0,63	Від 70 до 100	Від 35 до 100
0,16	Від 90 до 100	Від 85 до 100
Прохід через сито 0,16 мм, % : всього	До 10	До 15
В тому числі шилоподібних і глинистих частинок	До 2	До 3

При цьому, вміст кварцових зерен і зерен міцних вивержених і метаморфічних гірських порід в піщаній частині баласту (фракції розміром менше 5 мм) повинна становити не менше 50 % маси зерен розміром від 0,16 до 5 мм. А вміст зерен слабких гірських порід в гравійній частині баласту не повинен перевищувати 10 % маси зерен розміром більше 5 мм. До зерен слабких гірських порід відносять зерна у яких межа міцності при стисненні в насиченому водою стані менша 20 МПа.

Додаткові специфічні вимоги до охорони навколишнього середовища встановлює стандарт ДСТУ Б В.2.7-208:2009 [9]. ДСТУ 3812 [11] відповідає за контроль стічних вод, санітарні умови робочої зони в місцях виробництва згідно з ГОСТ 12.1.005, ДСТУ Б А.3.2-12, ДБН В.2.5-28, ДСН 3.3.6.037, ДСТУ ГОСТ 12.1.012. Згідно ДБН В. 1.4-1.01 [9], екологічна безпека матеріалу регламентується по параметру ефективної сумарної питомої активності природних радіонуклідів у матеріалах.

Формально стандарт ДСТУ Б В.2.7-208:2009 [9] містить нормативну посилання на санітарні вимоги до відходів ДСанПіН 2.2.7.029 [30].

Незважаючи на це, санітарно-екологічні вимоги не застосовуються до якості матеріалів для баласту залізничної колії [10].

Згідно з ДСТУ Б В.2.7-204:2009 [12, 9], аналогічні вимоги регулюються для щебню з природного каменю, який використовують як баластний шар залізничної колії доріг загального користування. Цей стандарт встановлює невиключні технічні вимоги та допускає регулювання відповідно до будівельних норм і правил та інших нормативних документів, затверджених в установленому порядку.

Для баластування головних колій залізниць загального користування в основному застосовують щебеневий баласт фракцій від 25 до 60 мм. Щебінь повинен на регламентованому рівні відповідати наступним пред'явленим вимогам:

- за зерновим складом кількість зерен більших верхнього номінального розміру (60 мм) від 60 до 70 мм обмежуються 5 % по масі, а понад 70 мм – не допускаються; зерен дрібніших нижнього номінального розміру (25 мм) не більше 5 %, в тому числі частинок розміром менше 0,16 мм до 1,5 % по масі.
- по міцності в якості показника прийнята стиранисть (втрата в масі %, при випробуванні в поличному барабані типу кульового млина) або опір удару (в умовних одиницях при випробуванні на копрі ПМ).
- за вмістом зерен слабких порід допускається не більше 10 % по масі зерен з межею міцності при стисканні у водонасиченому стані менше 20 Мпа.
- за вмістом домішок не допускається вміст глини в грудках, ґрунту рослинного шару і інших органічних домішок.
- по морозостійкості визначається в залежності від кількості циклів заморожування і відтавання зразків щебеню без руйнування.
- електроізоляційні властивості характеризуються величиною електричної провідності насиченого розчину, що утворився при розчиненні подрібненого щебню в дистильованій воді.

Як і у випадку з вимогами до гравійного і гравійно-піщаного баласту, щебінь для баласту залізничної колії, в області охорони навколишнього середовища, нормується виключно по параметру сумарної питомої активності природних радіонуклідів у матеріалах [12].

1.3 Залізничний шлях як джерело первинного та вторинного забруднення.

Залізниця працює як складний, системний техніко-технологічний комплекс, що має в своєму складі колійне господарство, рухомий склад, ряд виробництв, які об'єднані функцією перевезення пасажирів і вантажів [45]. Для характеристики залізничної колії в першу чергу слід розглядати забруднення ґрунтів земель відводу. Близькість земель сільськогосподарського призначення лише посилює можливу небезпеку подібного забруднення. Ґрунти в відводах залізниць відрізняються від природних по водно-фізичним властивостям і хімічному складі. Вони переущільнені, а ґрунтові горизонти перемішані з побутовими відходами, речовинами та матеріалами, що перевозяться по ним. Велика частина забруднюючих речовин надходить до ґрунту в результаті нерегламентного транспортування вантажів. Незважаючи на це, забруднення земель відводу має складну структуру і викликано цілим рядом потенційних джерел.

Сьогодні більше 50 % парку вантажних вагонів України характеризуються значним або критичним рівнем зносу. Знос пасажирських вагонів становить від 45 до 65 %, а середній вік вагонів – 19 років. Це значно впливає на збільшення викидів шкідливих речовин в навколишнє середовище, особливо в смуги відводу залізниць [43]. Особливу роль відіграє забруднення навколишнього середовища продуктами викидів електровозів, що утворюються при стиранні колісних пар, деталей і вузлів агрегатів, контактного проводу та пантографа. В даному випадку джерелами забруднення є тертя в системах: колесо – гальмівні колодки, колесо – рейка,

пантограф – контактний провід, підшипники [49, 50]. Ці технологічні процеси являються потужними джерелами забруднення середовища важкими металами. Важкі метали також надходять в ландшафт земель відводу залізниць від вихлопних газів двигунів тепловозів і опаленні вагонів вугіллям; від хімічного складу баластного шару і земляного полотна, через специфічність хімічного складу щебню [51].

Маневрові тепловози являються винними в більшій частині забруднень у населених пунктах [44]. У ряді робіт авторами [46] встановлено, що в золі, яка утворилася при спалюванні відпрацьованих дерев'яних шпал, концентрація важких металів перевищує рівень їх вмісту в порівнянні з новими шпалами, особливо по Ni, Cu, Pb, Mn, Mo, що вказує на особливу роль залізничного транспорту в накопиченні забруднюючих речовин.

Щорічно з пасажирських вагонів на кожен кілометр шляху виливається до 200 м³ стічних вод [47], що містять патогенні мікроорганізми, і викидається до 12 т фекальних осадів [48]. Розвиток транспортних комунікацій грає значку роль у збільшенні кількості цих забруднень.

Техногенне надходження забруднюючих речовин в ґрунт відводів залізниць в цілому не може бути рівномірним, оскільки на їх наявність і концентрацію впливає ряд факторів, основними з яких є [43]:

- вік існування залізниці і інтенсивність експлуатації;
- характер і обсяги перевезених вантажів;
- застосування сучасних методів експлуатації.

На характер поширення важких металів від залізничного полотна впливають як природні, так і штучні бар'єри. До природних бар'єрів відносяться лісосмуги, а до штучних наявність цілісних огорож. В ряді робіт було встановлено, що якщо поблизу залізничного полотна знаходиться штучний бар'єр, то концентрація забруднюючих речовин різко зростає перед ним, а потім різко знижується, майже до природного рівня, за ним. Якщо ж поблизу полотна розташований природний бар'єр, то концентрація

шкідливих речовин різко зростає в передовій частині насаджень, а далі плавно знижується в міру просування вглиб лісосмуги [52].

Аварійні ситуації та аварійні розливи небезпечних вантажів на залізничному транспорті заслуговують окремої уваги. При транспортуванні рухомим залізничним складом небезпечних вантажів (токсичних, вибухових, радіоактивних та корозійних речовин, легкозаймистих рідин) в результаті сходу або зіткнення рухомого складу порушується герметичність тари та упаковки. Це призводить до інтенсивного локального забруднення всіх компонентів навколишнього середовища. Наявні приклади подібних аварій в світі і в Україні свідчать про їх високу небезпеку.

1.4 Вплив транспортного процесу на вміст забруднюючих речовин у ґрунтах земель відводу залізниць

Більшість дослідників [53, 54, 55, 56] відзначають, що найбільший внесок у забруднення ґрунту важкими металами на залізничному транспорті вкладає розсипання, випаровування та витік вантажів на шлях з вантажних вагонів. В першу чергу, це відноситься до парку вагонів-цистерн [53]. Під час завантаження, вивантаження і перевезення у вагонах сипучих вантажів відбувається часткове розпорошення цих вантажів, що може досягати до 8 % [53]. Втрати від розпилення збільшуються пропорційно до швидкості руху поїздів. Значна частина вантажу може втрачатися через нещільності кузовів вагонів [55]. На розподіл продуктів техногенезу по поверхні землі впливає швидкість вітру. Чим вища швидкість вітру, тим інтенсивніше відбувається перемішування викиду з атмосферним повітрям і тим нижча концентрація забруднювача в атмосфері та менша кількість продуктів техногенезу випадає на одиницю поверхні [55].

При перевезенні мінеральних добрив насипом у критих вагонах загальні втрати можуть становити до 8,6 % [57]. А при перевезеннях в піввагонах до 28,1 %. Щорічно близько 7 % руди і більше 3 % цементу, що

можуть містити важкі метали, втрачається при перевезеннях в універсальних вагонах. Загальні безповоротні втрати сипучих вантажів, що перевозяться залізничним транспортом, перевищують нормативні не менше ніж в три рази [58].

В результаті несправного технічного стану цистерн, вантажі можуть надходити в землі відводу залізниць [55]. Більшість цистерн призначені для перевезення нафти і нафтопродуктів. При витоках або аварійних ситуаціях дані види продукції потрапляють в ґрунт, тим самим, збільшуючи накопичення забруднюючих речовин.

При експлуатації рухомого складу, за рахунок стирання рейок, рейкових перекладів, коліс і гальмівних колодок утворюється металевий пил [59]. Цей пил теж містить важкі метали, які входять до складу даних деталей. Якщо поїзд рухається по прямій рівномірно, вихід металевого пилу невеликий, але він різко зростає при гальмуванні. При цьому утворюється багато пилу, так як знос рейки може досягати 6 мм [53]. На поверхнях, що труться, утворюється плівка, яка має мастильні властивості і орієнтована в напрямку ковзання. Плівка переноситься в залежності від режиму тертя та може перебувати в твердому або в'язко-текучому стані, а температура її плавлення (15 °C) перевищує температуру плавлення вихідного матеріалу. Підвищення температури в зоні тертя приводить до плавлення плівки, утворення з неї скатки і виносу із зони тертя. Саме ця плівка може містити важкі метали і бути джерелом забруднення ґрунту [54].

Для опалення вагонів найчастіше використовують вугілля, при згорянні якого в атмосферу викидаються різноманітні забруднюючі речовини, в тому числі і важкі метали. [55].

Рослинність, яка з'являється на земляному полотні залізничної колії у весняно-літній чвс, несприятливо позначається на його технічному стані: погіршується відведення вод, руйнується структура підстави, зменшується зчеплення в баластному шарі, що може привести до деформації полотна [60]. Для боротьби з рослинністю застосовують різні пестициди та отрутохімікати,

до складу яких часто входять важкі метали [53]. Їх розбризкують до 10 м від полотна дороги (знищувач рослин УР-1 та інші) [54]. У багатьох випадках вартість знищення рослинності на залізничному полотні складає від 1 до 10 % від всіх витрат на утримання колії [61].

На вміст важких металів в ґрунтах відводів залізниць впливає їх міграція з дерев'яних шпал, просочених антисептиками, в яких вони нерідко містяться. Деякі дослідники [62] вказують, що залізниці сприяють накопиченню Pb, Zn, Cu, Ni, Fe, Co, Cr в ґрунтах [63]. Таким чином, рівень забруднення ґрунтів шляху викидами залізничного транспорту залежить від інтенсивності, складу руху (перевезених вантажів) і тривалості експлуатації дороги [45].

Зливові стічні води, які стікають з баластної призми, характеризуються сильним забрудненням:

- нафтопродукти (мінеральні масла) з концентрацією 50 мг/л (при нормі 0,3 мг/л);
- органічні речовини, виражені в біологічному споживанні кисню, до 300 мг/л (при нормі 20 мг/л);
- механічні домішки (зважені речовини) з концентрацією 1500 мг/л (при нормі 20 мг/л);
- важкі метали: мідь (0,015 мг/л), цинк (0,12 мг/л), нікель (0,05 мг/л).

Таким чином, визначення забруднення баластного матеріалу необхідно не тільки, щоб встановити можливість подальшого використання «відпрацьованого» баласту, як відходу виробництва, але і його впливу на забруднення ґрунтів в разі його складування уздовж шляху, і в місцях без спеціального обладнання.

1.5 Особливості забруднення баласту залізничної дороги

В процесі експлуатації гранулометричний склад баласту змінюється зі збільшенням вмісту фракцій меншого розміру в порівнянні з вихідним. Це є

наслідком руйнування великих фракцій під впливом навантаження поїзда і заповнення пустот між фракціями щебню більш дрібними частками, що проникають з різних джерел. Існує п'ять основних видів таких забруднювачів:

- частки, що падають з вагонів під час перевезення сипучих вантажів, наприклад піску або вугілля.
- продукти зносу дерев'яних і залізобетонних шпал.
- продукти дроблення і стирання баласту.
- частинки, що переміщуються вгору з підбаластного гранульованого шару.
- частинки, які проникають з земляного полотна.

Дроблення фракцій баласту є найчастішою причиною його забруднення, проте, в окремих випадках, можуть грати роль і інші. Підбаластний шар є найкращим засобом захисту баласту від попадання забруднювачів з земляного полотна, які утворюються в результаті двох процесів:

- а) стирання основного майданчика земляного полотна фракціями баласту, що контактують з земляним полотном;
- б) розмив заповнених водою тріщин в земляному полотні під впливом навантаження від поїзду.

Зазвичай, товщина баластного шару під шпалами становить 305 ... 460 мм, мінімальна товщина підбаластного шару дорівнює 150 мм. Таким чином, сумарна товщина гранульованого шару під шпалами повинна бути в межах 455...610 мм. Перенапруження баласту призводить до накопичення залишкових деформацій на основному майданчику земляного полотна під впливом навантаження від поїзду.

Очищення і заміна баласту є дорогими і тривалими операціями, які, як правило, вимагають перерви в русі поїздів. Тому необхідність у цих роботах повинна ретельно обґрунтовуватися. Зазвичай, ці роботи виконують в тому випадку, якщо баластовий шар настільки забруднений, що не може

виконувати своєї функції. При очищенні баласту необхідно стежити за тим, щоб не допускати видалення або пошкодження існуючого підбаластного шару. Також необхідно, щоб ширина і нахил зрізаної поверхні були достатніми для вільного стоку води, яка накопичується в чистому баласті. Плавний силует поверхні зрізу підвищує стійкість шляху після завершення робіт з очищення та заміни баласту.

При неналежному функціонуванні дренажної системи неможливо досягти належного економічного ефекту від очищення та заміни баласту. Тому в програму виконання зазначених робіт слід також включати облаштування або ремонт такої системи. Для зменшення обсягу підрізування баласту в майбутньому бажано з'ясувати причини забруднення і вжити заходів щодо їх усунення. Очищення плечей баластної призми може продовжити термін служби баласту. Його необхідно здійснювати на повну глибину баластного шару. Це покращує роботу дренажу за рахунок скорочення шляху відведення води з-під шпал і забезпечує більшу глибину дренування, ніж яка зазвичай досягається при підрізуванні і очищення. Якщо забруднювачі утворюються в результаті дроблення баласту, при якому діапазон розмірів частинок досить широкий, то переміщення забруднювачів буде незначним [64].

В даний час основними критеріями для призначення середнього ремонту є забруднення щебеню і кількість шпал з виплесками.

Як відомо, в Україні, щебінь очищають тільки тоді, коли він значно втрачає свою несучу здатність. Граничне забруднення характеризується або кількістю накопичених забруднювачів (у відсотках від загальної маси щебеню) або ступенем втрати баластовим шаром фільтраційної здатності. Стан баластного шару не оцінюється за відсотками забруднення його забруднювачами, які, в свою чергу, визначаються за масою.

Однак за таким показником не завжди можна правильно встановити необхідність чергового очищення баластного шару. Так, на ділянках, де перевозяться сипучі вантажі, порожнини щебеню іноді повністю

засмічуються, хоча показник забруднення по масі залишається невеликим.

І навпаки, при забрудненні баластного шару важкими рудними концентратами навіть при не зовсім заповнених пустотах, показник становить кілька десятків відсотків. На дистанціях забруднення баласту колії встановлюють візуально, що служить недостатньо достовірним критерієм призначення очищення баластного шару.

Надійнішим показником є здатність баласту відводити воду. Він одночасно характеризує кількість забруднювачів, їх гранулометричний і мінералогічний склад, щільність заповнення ними пустот, тощо. При цьому втрати щебенем здатності пропускати воду визначають також за зовнішньою появою розрідження і виплеску [65].

При знятті забруднених матеріалів баластного шару та основи до уваги слід приймати тільки забруднення важкими металами і ароматичними поліциклічними вуглеводнями. Поліциклічні ароматичні вуглеводні містяться в креозоті, що застосовується для просочення дерев'яних шпал. Основним джерелом мінеральних вуглеводнів є мастило, яке застосовується для лубрикації рейок і мастило, що потрапило при експлуатації рухомого складу. Концентрація інших забруднювачів, таких, наприклад, як хімікати, що застосовуються для боротьби з рослинністю на залізничному шляху, як правило, не перевищує граничних значень, встановлених органами охорони навколишнього середовища.

1.6 Втрати при перевезенні вантажу як причина забруднення баласту залізничного шляху

При перевезенні вантажів на шлях і в атмосферне повітря за рахунок розливів вантажів при дефектах вагонів, а також за рахунок запилення і випаровування вантажу можуть потрапляти забруднюючі речовини. Крім фізико-хімічних властивостей вантажу, що перевозиться, причинами емісії

вантажів є дефекти кузова, які за характером можна розподілити за наступними категоріями:

- прямі вертикальні щілини в дні кузова біля хребтової балки і в місцях прилягання кришок люків до поперечних балок, проломи кришок люків.
- прямі бічні щілини, утворені за рахунок проломів дерев'яної обшивки кузова на різній висоті.
- зазори в створі торцевих дверей і по їх шарнірам.
- дрібні щілини різного виду – невеликі деформації кришок люків і металевих смуг, що їх перекривають, малі зазори по розпору і шарнірам торцевих дверей.

Наявність нещільності в котлах цистерн, наливних і зливних пристроях призводить до надходження наливних вантажів безпосередньо на шлях і в атмосферу. При перевезеннях у вагонах, перевантажених такими вантажами як вугілля, цемент, борошно, зерно, торф, найдрібніші частинки цих речовин утворюють з повітрям стійкі суспензії і переносяться повітряними потоками на значні відстані від місця транспортування і зберігання вантажу. Розпилення вантажу призводить до значних забруднень – до 5-8 % вантажів, що перевозяться, втрачається і надходить в навколишнє середовище. Інтенсивність видування максимальна на початку шляху і потім поступово спадає. Зі збільшенням швидкості до 90 ... 100 км/год втрати вантажів від видування зростають в 3-4 рази. Після проходження 100 маршрутів з вугіллям на кожному квадратному метрі смуги шириною 50 м по обидва боки залізничної колії утворюється приблизно 20 г осаду (не менше 3 кг за рік).

Співвідношення втрат від видування і розсипання при перевезеннях дрібного вугілля і руд становить: від видування – 55 %, від розсипання – 45 %, при перевезеннях рудних концентратів до 40 % видувається. Втрати від видування на 1 вагон при перевезенні кам'яного вугілля приблизно складають:

- а) клас крупності 0...6 мм – 0,950 т/вагон.

б) клас крупності 0...13 мм – 1,125 т/вагон.

в) клас крупності 6...25 мм – 0,489 т/вагон.

г) при перевезенні рудних концентратів середні втрати становлять 0,670-0,876 т/вагон.

При перевезенні ряду сипучих вантажів в універсальних вагонах щорічно втрачається до 2,6 % вугілля і до 7 % руди, понад 3 % цементу і мінеральних добрив. Загальні втрати в хопер-цементовозах за один рейс становлять близько 1,1 т, в тому числі через наявні щілини люків до 100 кг. При перевезенні мінеральних добрив близько 1,4 % втрачається на шляху прямування і близько 5 % в процесі зберігання на станції.

Загальна кількість втрат під час перевезення мінеральних добрив насипом становить в критих вагонах – 6,6 %, в напіввагонах – 28,1 %.

Таким чином, аналіз перевезень масових навалювальних і насипних вантажів показує, що розсіювання в приземному шарі атмосфери кам'яного вугілля, концентратів руд чорних металів, мінеральних добрив, цементу та інших сипучих вантажів дрібних фракцій, має суттєвий негативний вплив на стан баласту і земель відводу в радіусі не менше ніж 0,25 км від залізниці.

Зокрема, в ході дослідження експлуатаційних якостей універсального вагона-хопера при перевезенні масових сипучих вантажів, що включає оцінку екологічної безпеки вагонів, проведеного УкрНІІвагонобудівництва (м. Кременчук) в якості основного показника охорони здоров'я людей і природи для вантажних вагонів приймаються екологічно допустимі втрати (ЕДВ) вантажу в процесі руху вагона, виміряні в грамах на 1 погонний метр шляху. Значення ЕДВ чисельно становлять:

- для піску (і вантажів аналогічних за складом і умовами перевезень) 5,18 г/пог. м;
- залізної руди (і вантажів аналогічних за складом і умовами перевезень) 6,48 г/пог. м;
- вапняку (і вантажів аналогічних за складом і умовами перевезень) 8,64 г/пог. м.

Зазначені величини приймаються в якості нормованого значення показників ЕДВ при перевезенні даних вантажів у вагоні-хопери (мод. 25-4086). Зіставлення величин ЕДП з нормами природного спаду наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Величина ЕДВ і природний спад при перевезенні деяких сипучих вантажів.

Назва вантажу	Дальність перевезення, км		Природний спад, т		Величина ЕДВ, т	
	сер.	факт.	норма	факт	для сер. дальності	вип. факт.
Пісок	145	193	0,82	0,2	1,0	0,75
Руда залізна	220	370	0,65	0,4	2,4	1,42
Вапняк	240	652	0,97	0,5	5,6	2,07

Надходження в навколишнє середовище наливних вантажів, що перевозяться в цистернах, відбувається як за рахунок природного випаровування, так і за рахунок несправного технічного стану цистерн. В результаті інтенсивного вентильовання газоповітряного простору через нещільності ковпака цистерн відбувається випаровування і винос в атмосферу найбільш легких фракцій перевезеного продукту. Відомо, що у бензинів випаровуваність в 50 ... 100 разів вища, ніж у інших світлих нафтопродуктів, в той же час темні нафтопродукти випаровуються слабо, а мастила практично не випаровуються. Середні втрати нафти і нафтопродуктів не перевищують 0,6 т/вагон. Середні втрати нафти і нафтопродуктів при перевезеннях майже в 20 разів вищі нормативів, фактичні втрати при перевезеннях насипом мінеральних добрив також більші ніж нормативи.

Таким чином, існує необхідність зниження впливу втрат перевезених вантажів на стан баласту і земель відводу залізниць. Основними напрямками скорочення втрат сипучих вантажів є:

- підвищення частки спеціалізованих вагонів;
- зниження до мінімуму використання для перевезення вантажів, що пилять, універсальним рухомим складом;
- істотне поліпшення конструкції завантажувальних і розвантажувальних пристроїв для скорочення прокидання пилоподібних вантажів і розносу їх вітром;
- покриття захисною плівкою сипучих вантажів при їх перевезенні в вагонах з відкритим кузовом.

2 АНАЛІЗ НОРМАТИВІВ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ВТОРИЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ БАЛАСТНОЇ ПРИЗМИ В УКРАЇНІ

2.1 Аналіз нормативів екологічної безпеки ґрунтів

В Україні для оцінки рівня екологічної безпеки природних об'єктів використовують значення гранично-допустимих концентрацій забруднюючих речовин (ГДК). Під показником ГДК розуміють максимальну концентрацію забруднюючої речовини, яка не викликає негативного прямого або непрямого впливу на природне середовище та здоров'я людини [24].

Для визначення понять «ґрунт» в Україні використовують кілька рівнозначних термінів. Відповідно до ДСТУ 3980-2000 [25] ґрунтом позначають самостійне природно-історичне органо-мінеральне природне тіло, що виникло на поверхні землі в результаті тривалого впливу біотичних, абіотичних і антропогенних факторів, що складається з твердих мінеральних і органічних частинок, води, повітря і має специфічні генетико-морфологічні ознаки, властивості, що створюють відповідні умови для зростання і розвитку рослин. У той же час ДСТУ 3750-98 [25] визначає термін «ґрунт» як родючий шар біосфери, що виник в результаті взаємодії організмів, атмосфери, води і поверхні гірських порід в умовах земної гравітації, різного клімату і рельєфу.

В Україні використовують однорідну нормативну термінологію для позначення ґрунтів. Відповідно до Закону України «Про охорону земель» [26] землею є поверхня суші з ґрунтами, корисними копалинами та іншими природними елементами, які органічно поєднані разом з нею. У той же час закон визначає будь-яке забруднення ґрунтів і земель як накопичення в ґрунтах речовин, які негативно впливають на їх родючість та інші корисні властивості.

Нормативним критерієм якості ґрунтів і земель є показник гранично-допустимої концентрації забруднюючих речовин (ГДК) [26] – максимально

допустима кількість забруднюючих речовин в ґрунтах, яка не зумовлює негативних екологічних наслідків для їх родючості, загального стану довкілля, якості сільськогосподарської продукції та здоров'я людини.

В даний час в Україні активно проходить реформування системи регуляторної політики та нормування негативного впливу на навколишнє середовище. Подібні зміни викликають правові колізії та ускладнюють нормативну оцінку екологічної та санітарної безпеки природних об'єктів і урбанізованих територій. У таблиці 2.1 представлені узагальнені екологічні та санітарні нормативи вмісту забруднюючих речовин, які використовувалися або використовуються на території України. Ці значення ГДК були використані для екологічної оцінки рівня забруднення відібраних проб ґрунту і мулу.

Довгий час для екологічної та санітарної оцінки ґрунтів в Україні використовували норми, розроблені в СРСР: «Санітарні норми допустимих концентрацій (ГДК) хімічних речовин в ґрунті» [27] і «Гранично допустимі концентрації хімічних речовин в ґрунті (ГДК)» [28]. На початку 2016 року Розпорядженням Кабінету Міністрів України [29] на території України було призупинено дію екологічних та санітарних нормативів, які були розроблені в СРСР. Таким чином, на даний момент в Україні відсутні норми, які прямо встановлюють ГДК забруднюючих речовин в ґрунтах та ґрунтах населених місць, а також донних відкладеннях водоєм.

У практиці захисту ґрунтів від забруднення в Україні широко застосовуються санітарні норми і правила ДСанПіН 2.2.7.029-99 «Гігієнічні вимоги до поводження з промисловими відходами та визначення їх класу небезпеки для здоров'я населення» [30]. У Додатку 3 цього нормативного документа представлені ГДК з урахуванням кларка, а також транслокаційні і міграційні характеристики забруднюючих речовин. Слід зазначити, через рішення Державної служби України з питань регуляторної політики та розвитку підприємництва [31] правовий статус цього нормативного документа на даний момент не визначений. Незважаючи на цю правову

формальність, для оцінки проб ґрунтів в рамках даної роботи використані значення ГДК ДСанПіН 2.2.7.029-99 (колонка 4 таблиці 2.1).

Таблиця 2.1 – Стандарти вмісту важких металів і деяких органічних сполук в ґрунтах, ґрунтах, осадах і водах України (мг забруднюючої речовини на 1 кг сухого ґрунту)

Забруднююча речовина		Ґрунти			Землі сільськогосподарського значення					Осади стічних вод, які допустимо використовувати в якості добрив		Вода господарсько-питного та культурно-побутового призначення
		ГДК ^[27,28] , мг/кг	ГДК ^[29] , мг/кг	ГДК _{мв} ^[29] , мг/кг	ЕС ^[32] , мг/кг	ОС ^[32] , мг/кг	ГДК ^[33] , мг/кг ¹⁾	ФСК ^[33] , мг/кг	ФСЗ ^[33] , мг/кг	ДК ^[33] , мг/кг ²⁾	ДК ^[34] , мг/кг	ГДК ^[34] , мг/дм ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Залізо	Fe										25000	0,33
Мідь	Cu	3,0	3	72	0,51-3,4	1,5-7,0	100 (200)	20	1,0-200,0	100-300	1500	1,03
Нікель	Ni	4,0	4	14	0,5×ГДК		50 (70)	40	2,0-50,0	50-75	200	0,13
Цинк	Zn	23,0	23	200	1,6-5,1	2,0-10,0	300 (500)	50	3,0-50,0	300-1000	2500	1,03
Кобальт	Co	5,0	5	1000	0,31-2,3	1,0-5,0	30 (50)	8	1,0-10,0	5,0-20,0	100	0,13
Хром	Cr	6,0	6		0,5×ГДК		100 (300)	200	2,0-50,0	100-400 ³⁾	750 ³⁾	0,05 ⁴⁾ / 0,5 ³⁾
Сурма	Sb		4,5	4,5	4,5							0,053
Марганець	Mn		1500	1500	21,0-71,0	10,0-40,0	1500 (3000)	850		250-750	2000	0,13
Ванадій	V		150	350								0,1

З огляду на складний правовий режим санітарних правил і норм ДСанПіН 2.2.7.029-99 для порівняння в таблиці 2.1 представлені нормативи екологічної безпеки ґрунтів сільськогосподарського призначення відповідно до чинного Національного стандарту України – ДСТУ 4362:2004 «Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів» [32]. У колонці 6 таблиці 2.1 представлені рекомендований вміст хімічних елементів для еталона сільськогосподарських земель в Україні. У колонці 7 таблиці 2.1 представлені оптимальні значення вмісту хімічних елементів в сільськогосподарських землях України. Ці норми вмісту хімічних речовин в ґрунтах можна використовувати для порівняння отриманих результатів вимірювань і загальної оцінки стану ґрунтів в межах міст.

Для повноти аналізу екологічного стану проб ґрунтів і мулу в колонках 9 і 10 таблиці 2.1 представлені нормативний фоновий вміст хімічних речовин в ґрунтах України відповідно до Національного стандарту України ДСТУ 7369:2013 «Стічні води. Вимоги до стічних вод і їх осади для зрошення і добрив» [33]. Ці фонові значення концентрацій можна використовувати для пошуку аномального вмісту забруднюючих речовин, що було викликано локальним впливом промисловості.

Слід звернути увагу, що в таблицю 2.1 не увійшов широкий спектр органічних сполук, які застосовують в Україні в якості інсектицидів і пестицидів. Це пов'язано з двома факторами:

- а) ці токсичні сполуки не включені в програму даної роботи.
- б) санітарні норми, які встановлювали ГДК більшості з цих речовин, були скасовані Розпорядженням Кабінету Міністрів України [29].

На даний момент в Україні відсутні прямі значення ГДК забруднюючих речовин в донних відкладеннях, мулі та осаді водойм. У практиці нормативної екологічної оцінки стану цих природних об'єктів застосовують ГДК забруднюючих речовин в аналогічних об'єктах навколишнього середовища – ґрунтах або осадах стічних вод. У колонці 8 таблиці 1 представлені значення специфічних ГДК ґрунтів відповідно до

Національного стандарту України ДСТУ 7369:2013 «Стічні води. Вимоги до стічних вод і їх осадів для зрошення і добрив» [33]. У колонці 11 і 12 таблиці 2.1 представлені допустимі концентрації (ДК) забруднюючих речовин в мулі і опадах стічних вод відповідно до Національного стандарту України ДСТУ 7369:2013 і Правилам прийому стічних вод в системи централізованого водовідведення в Україні [33]. Ці нормативні документи встановлюють ДК забруднюючих речовин на безпечному рівні для використання мулу і осадів в якості добрив. Таким чином, зазначені ГДК і ДК можна використовувати для екологічної оцінки стану донних відкладень водойм.

В якості довідкового доповнення в колонці 13 представлені значення ГДК забруднюючих речовин у воді водойм господарсько-питного та культурно-побутового призначення відповідно до санітарних норм і правил СанПіН 4630-88 «Санітарні правила і норми охорони поверхневих вод від забруднення» [30]. Через Розпорядження Кабінету Міністрів України [29] правовий статус цих нормативів не визначений. Незважаючи на це, ГДК СанПіН 4630-88 можна використовувати для оцінки впливу забруднених ґрунтів і донних відкладень на стан водойм.

2.2 Аналіз міжнародних нормативів екологічної безпеки ґрунтів

Ґрунти є головним об'єктом процесів ОВД при будівництві та реконструкції залізничних колій. Як було показано в першому розділі, рівень забруднення і концентрації важких металів і нафтопродуктів є нормативними індикаторами загальної техногенної ситуації. Ступінь забрудненості ґрунтів і баласту безпосередньо впливає на напрямок їх подальшого використання. Наприклад, забруднений родючий шар не підлягає зняттю, а ґрунт і баласт з надзвичайно небезпечної категорії забруднення підлягають утилізації або захороненню. В ході проведення моніторингу, фахівці нерідко стикаються з ситуацією, коли некоректно визначена категорія забруднення ґрунтів

призводить до прийняття необґрунтованих проектних рішень в частині рекультивації земель. Типовим прикладом такої ситуації є віднесення ґрунтів до допустимої категорії забруднення замість помірно небезпечної, в результаті чого передбачаються заходи з очищення та відновлення. [35]

Відведення земель на потреби залізничного транспорту передбачено статтею 2 Земельного кодексу України [36]. Залізницям земля передається в постійне або тимчасове користування органами місцевого самоврядування з оформленням акту цільового використання земель. Надання земель залізницями проводиться відповідно до статей 21 і 69 Земельного кодексу України. Плата за придбання землі і користування нею здійснюється структурними підрозділами залізниць відповідно до статей 35-38 Земельного кодексу України. Спільний аналіз норм екологічного права [22] і земельного права [36] показує, що власник земель несе повну адміністративну, кримінальну та фіскальну відповідальність за цільове використання земель, а також їх охорону від виснаження і забруднення.

Після проведення фізико-хімічного аналізу ґрунту, а також аналізу нормативно-правового поля України виникає актуальне питання – який норматив використовувати для порівняння отриманих значень концентрацій важких металів і нафтопродуктів. Деякі дослідники використовують показники гранично допустимих концентрацій для ґрунту. Особливості такого нормативно-правового застосування обговорювалися в попередньому пункті. Виникає питання – наскільки правомірно використання даних значень ГДК для земель залізничного транспорту і промисловості, на яких не передбачено вирощування сільськогосподарської продукції та де перевищення валових і рухомих форм забруднюючих речовин може бути значним, але при цьому токсичні речовини не потрапляють до харчового ланцюга [37]. Для порівняння в Польщі застосовуються ГДК, розроблені відповідно до цільового призначення земель (табл. 2.2).

Таблиця 2.2. – Допустимі значення концентрацій важких металів в землях різного призначення, Польща, мг/кг [37]

Тип земель	As	Ba	Cr	Mn	Cd	Co	Cu	Mo	Ni	Pb	Hg
Місто	20	200	150	300	4	20	150	10	100	100	2
Транспорт	60	1000	500	1000	15	200	600	250	300	600	30

Разом з цим, профільні дослідження показують, що показник ГДК не є універсальним і застосовується в різних країнах на різних рівнях [37]. Кратність ГДК має важливу цінність для контролюючих відомств, для яких затверджені ГДК є основною нормативною базою і важелем впливу на підприємства-забруднювачі та інші суб'єкти господарювання. Також слід зазначити, що важкі метали є природними розсіяними елементами, а деякі з них є життєво необхідними (в певній концентрації – мікроелементи (наприклад Zn, Cu, Pb, Mn, Cr) відіграють значну роль не тільки в метаболізмі рослин, але і тварин). Іноді природний вміст важких металів у ґрунтах може перевищувати затверджені ГДК і не впливати негативно на місцеві біогеоценози. У цьому випадку раціонально використовувати усереднені фонові показники, характерні для даної території (табл. 2.3)

Таблиця 2.3 – Регіональні кларки важких металів для ґрунтів України, мг/кг (по А. І. Фатееве)

Ґрунтова зона	Pb	Zn	Mn	Cu	Co	Mo	Cr	Cr	V	Ni
Лісостеп	10 10-10	52 20-90	735 240-3000	20 10-48	17 8-40	2,8 0,9-6,3	119 52-250	51 18-100	52 16-201	26 10-80
Степ	13 10-15	62 33-100	670 200-1600	27 10-64	16 8-27	3,8 2,9-5,6	142 100-220	85 40-150	68 42-130	25 19-40
Карпати	23-168	84 45-237	676 150-1575	23 5-76	17 5-32	0,4-0,3	138-145	90 30-282	106 49-302	39 8-110

2.3 Міжнародний досвід аналізу рівня забруднення ґрунтів і відходів

У міжнародній практиці при оцінці накопичення токсичних речовин в ґрунтах і відходах часто використовують коефіцієнт концентраційного

накопичення (в англomовній літературі PI) [38], який визначається за формулою 1:

$$K_c = \frac{C}{C_{\phi}} \text{ або } PI_i = \frac{C_i}{S_i}$$

де: C – фактична концентрація забруднюючої речовини;

C_{ϕ} – фонова концентрація забруднюючої речовини.

Для комплексної оцінки впливу на навколишнє середовище в міжнародній практиці застосовують загальний індекс забруднення токсичною речовиною (в англomовній літературі PI_N) [39], який визначається за формулою:

$$PI_N = \sqrt{\frac{PI_{ave}^2 + PI_{max}^2}{2}}$$

Оскільки ґрунти досить часто забруднені одночасно декількома забруднюючими речовинами, для них розраховують сумарний показник забруднення Z_c , який відображає комплексний ефект впливу всієї групи елементів і визначається як адитивна сума перевищень коефіцієнтів концентрацій елементів над фоновим рівнем за формулою:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_c - (n-1)$$

Сумарний показник забруднення Z_c часто застосовують для оцінки впливу на навколишнє середовище від планових видів діяльності. Для ранжирування цього коефіцієнта застосовують умовну шкалу, яка представлена в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Градація сумарного показника забруднення ґрунтів Z_c

Степінь забруднення	Z_c	Рекомендації
Дуже низька	< 8	Стандартний моніторинг
низька	8-16	
середня	16-32	Усилений моніторинг
висока	32-64	Проведення планових заходів
дуже висока	64-128	Перегляд ОВД. Заборона планової діяльності
Надзвичайно висока	> 128	

Деякі фахівці в екологічній безпеці [40, 41] вважають, що показник Z_c має низку недоліків, головний з яких – він не відображає токсичності кожного окремого металу. Тому для процедур ОВД доцільно додатково використовувати показник потенційного екологічного ризику забруднення ґрунтів і баласту E_i , який рекомендують розраховувати за формулою:

$$E_i = T_i f_i = T_i \frac{C_i}{S_i}$$

де: T – фактор, що відображає токсичність забруднюючої речовини і ступінь чутливості навколишнього середовища до цієї речовини (табл. 2.5);

f – відношення фактичної концентрації забруднюючої речовини до її фонового вмісту.

Таблиця 2.5 – Фактор ризику для визначення показника потенційного екологічного ризику забруднення ґрунтів E_i

Фактор	Pb	Zn	Mn	Cu	Cd	Hg	As	Cr
Ризик T	5	1	1	5	30	40	10	2

Для оцінки безпеки застосування того чи іншого матеріалу, який контактує з ґрунтами застосовують шкалу, яка представлена в табл. 2.6 [48].

Таблиця 2.6 – Ранжування ризику для визначення показника потенційного екологічного ризику забруднення ґрунтів E_i

E_i	Одиничний екологічний ризик	ΣE_i	Загальний екологічний ризик
<40	низький	<150	низький
40...80	середній	150...300	середній
80...160	значний	300...600	значний
160...320	високий	$K > 600$	дуже високий
>320	Надзвичайно високий		

3 БУДІВНИЦТВО ТА РЕКОНСТРУКЦІЯ ЗАЛІЗНИЦЬ ВІДПОВІДНО ДО ВИМОГ СУЧАСНОГО ЕКОЛОГІЧНОГО ЗАКОНОДАВСТВА УКРАЇНИ. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ МОНІТОРИНГ ВМІСТУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ В БАЛАСТІ І ЗЕМЛЯХ ВІДВОДУ ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ

3.1 Аналіз специфіки оцінки впливу на навколишнє середовище в Україні

8 грудня 2017 вступив в силу Закон України «Про оцінку впливу на навколишнє середовище» [1] і почав роботу Єдиний державний реєстр ОВД. Даний механізм ідентичний тому, що працює в країнах Європейського Союзу і застосовується для оцінки екологічних ризиків всіх видів планової діяльності, в тому числі будівництва та реконструкції залізниць. Цей Закон ввів в Україні європейську модель екологічної оцінки відповідно до вимог Директиви 2011/92/ЄС [13] і забезпечив виконання міжнародних зобов'язань України в рамках Угоди про асоціацію між Україною та ЄС [14], Договору про Енергетичне Співтовариство, природоохоронних угод ЄЕК ООН і тому подібне. Відповідно до Закону, підприємства повинні отримувати висновок з оцінки впливу на навколишнє середовище замість висновку державної екологічної експертизи. Без наявності висновку про оцінку впливу на навколишнє середовище підприємство не має права здійснювати заплановану діяльність.

Оцінка впливу на навколишнє середовище призначена для виявлення характеру, інтенсивності і ступеня небезпечності впливу будь-якого виду планованої господарської діяльності на стан навколишнього середовища і здоров'я населення. Планова господарська діяльність включає в себе будівництво, реконструкцію, технічне переоснащення, розширення, перепрофілювання, ліквідацію (демонтаж) об'єктів, інше втручання в

природне середовище [1]. Перелік об'єктів та видів діяльності, що вимагають отримання Висновку визначені частинами 2 і 3 статті 3 Закону.

Даний перелік розподілений на дві групи. Відповідно до п. 7 частиною 2 статті 3 [1] обов'язковою є процедура ОВД для будівництва і реконструкції таких об'єктів:

- аеропортів і аеродромів зі злітно-посадковою смугою довжиною 2100 метрів і більше;
- автомагістралей;
- автомобільних доріг загального користування державного і місцевого значення, що мають чотири і більше смуг руху, або реконструкція та/або розширення наявних смуг руху до чотирьох і більше, за умови їх безперервної протяжності на 10 кілометрів і більше;
- автомобільних доріг першої категорії;
- магістральних залізничних ліній загального користування.

Аналізуючи Постанову КМУ від 13 грудня 2017 № 1010 [15] будівництво та реконструкція залізниць не підпадає під дію критеріїв планованої діяльності, які не підлягають ОВД. Отже, процедура ОВД є обов'язковою в частині забезпечення реконструкції та будівництва залізничних шляхів.

Процедура ОВД складається з наступних етапів:

- повідомлення про заплановану діяльність, яка підлягає ОВД (в письмовому та електронному вигляді);
- підготовка звіту по ОВД;
- громадське обговорення;
- отримання висновку з ОВД;
- прийняття рішення про здійснення планованої діяльності;
- післяпроектний моніторинг (якщо про це зазначено у висновку про ОВД).

Офіційна структурно-логічна схема процедури ОВД приведена на рис. 2. Підприємство забезпечує підготовку звіту з оцінки впливу на

навколишнє середовище і несе відповідальність за достовірність інформації, наведеної в звіті, відповідно до законодавства (частина 1 статті 6 [1]). Закон передбачає обов'язкову наявність звіту по ОВД, від якого суб'єкт господарювання не має права ухилятися (частини 2 статті 6 Закону [1]). Звіт про ОВД на регламентованому рівні повинен містити як мінімум наступні розділи за результатами досліджень:

- опис планової діяльності та виправданих альтернатив;
- опис поточного стану навколишнього середовища;
- опис чинників навколишнього середовища, які, ймовірно, схильні до впливу;
- опис і оцінка можливого впливу на навколишнє середовище;
- опис методів прогнозування;
- опис заходів, спрямованих на запобігання негативного впливу;
- опис очікуваного значного негативного впливу;
- визначення всіх труднощів, ризиків та їх наслідків;
- короткий зміст програми після проектного моніторингу.

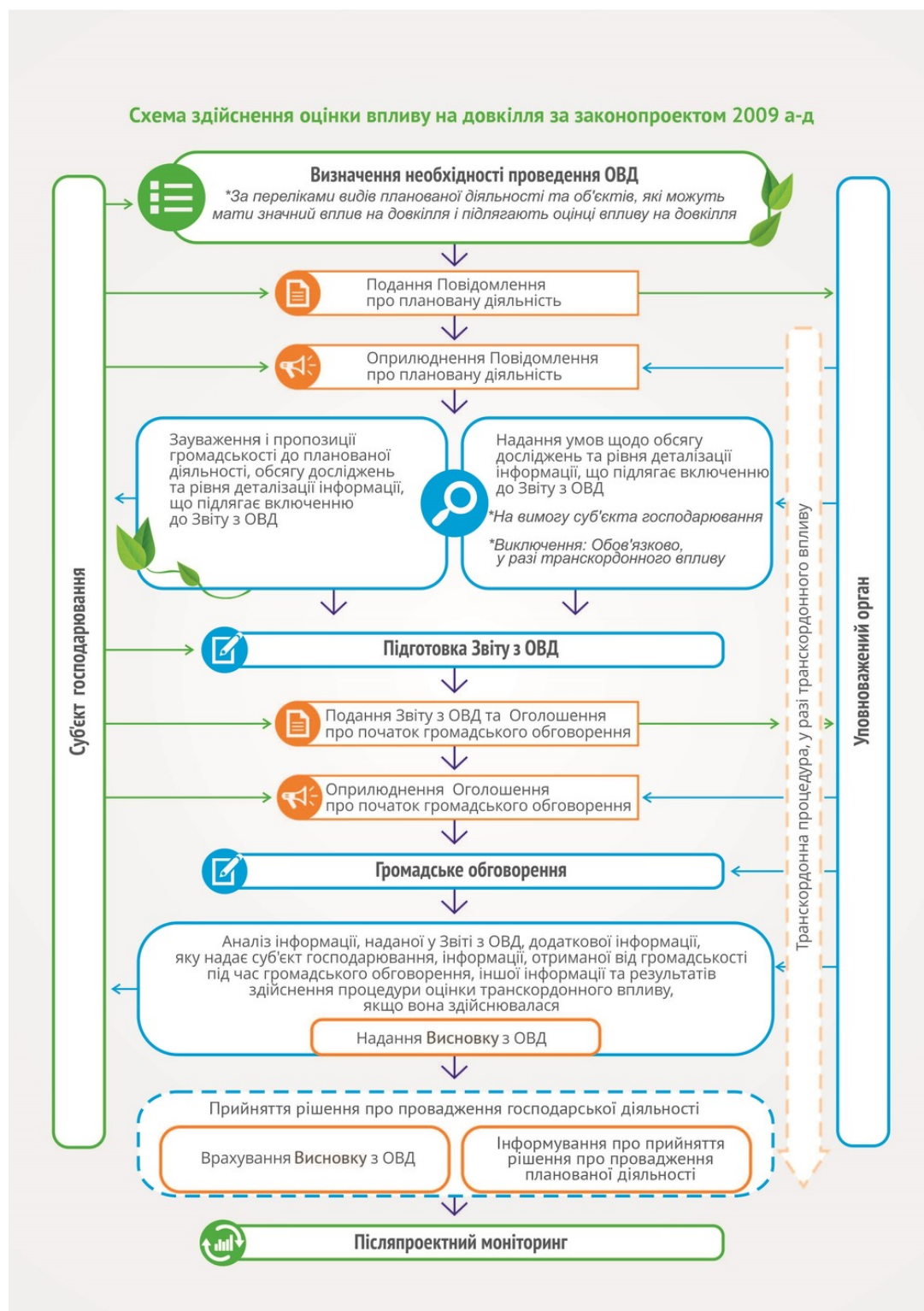


Рисунок 2 – Офіційна структура процесу ОВД [17]

3.2 Відмінності процедур екологічної експертизи і ОВД

Нова процедура розширює обсяг необхідних оцінок і деталізує механізм участі громадськості в процесі оцінки впливу на навколишнє середовище. Закон «Про екологічну експертизу» поділяє її на три види:

державну, суспільну та інші. Державна експертиза має обов'язковий характер, всі інші – лише рекомендаційний. На сьогодні ми маємо тільки висновок про оцінку впливу на навколишнє середовище, який є обов'язковим документом у визначених законодавством випадках. Відсутність висновку може бути підставою для відмови у подальшій видачі рішення про проведення запланованої діяльності.

Таким чином, сфера застосування ОВД значно ширша, на відміну від екологічної експертизи, що існувала раніше. До того ж закон розділив об'єкти ОВД в залежності від здійснюваного ними транскордонного впливу. У Законі України «Про екологічну експертизу» терміни проведення експертизи становили від 1,5 до 4 місяців. Процедура ОВД, виходячи з кількості її стадій і термінів їх проходження, буде займати близько 4-8 місяців. Різниця між ОВД та екологічною експертизою полягає також в тому, що ОВД є документом дозвільного характеру, який виходить ще до початку реалізації майбутнього проекту, а екологічна експертиза проводилася вже на етапі його затвердження.

Закон України «Про екологічну експертизу» передбачав розміщення замовниками екологічної експертизи в ЗМІ заяви про екологічні наслідки діяльності та інформування населення таким же чином про її завершення, а також про висновки. Нова процедура передбачає постійний і повний доступ усіх зацікавлених сторін до всіх матеріалів процедури. Додаткове сповіщення передбачено для всіх видів діяльності, які можуть мати значний транскордонний вплив або вплив на навколишнє середовище двох і більше областей, і якщо рішення про фінансування і проведення проекту приймається Кабінетом Міністрів України та його уповноваженими органами. Так як всі види будівництва та капітального ремонту залізниць фінансуються з публічного бюджету (власником ПрАТ «Укрзалізниця» є держава), на ці види діяльності в повній мірі поширюється процедура ОВД.

До додаткових особливостей ОВД для планованої діяльності залізничного транспорту слід віднести необхідність транскордонної оцінки

[1]. Відповідно до Конвенції про оцінку впливу на навколишнє середовище в транскордонному контексті [16], що характеризує будь-який вплив, не тільки глобального характеру, в районі, який знаходиться під юрисдикцією тієї чи іншої сторони, викликаний запланованою діяльністю, фізичне джерело якої повністю або частково в межах району, що підпадає під юрисдикцію іншої сторони. Таким чином, будівництво та реконструкція залізничної колії міжнародного сполучення може розглядатися як планований вид діяльності з транскордонним впливом на навколишнє середовище.

Законом про ОВД [1] також запроваджено нову процедуру після проектного моніторингу. Такий моніторинг застосовується, якщо це передбачено висновком з оцінки впливу на навколишнє середовище з метою виявлення будь-яких розбіжностей і відхилень в прогнозованих рівнях впливу і ефективності заходів щодо запобігання забрудненню навколишнього середовища і його зменшення. За результатами після проектного моніторингу суб'єкт господарювання і уповноважений територіальний орган узгоджують прийняття обов'язкових додаткових заходів і дій щодо попередження, уникнення, зменшення (пом'якшення), усунення, обмеження впливу господарської діяльності на навколишнє середовище.

Загалом, можна прийти до деяких висновків. Звіт і висновок по ОВД є документами дозвільного характеру, що виходять з оцінки впливу на навколишнє середовище запланованою діяльністю, зокрема величини і масштабів такого впливу (частина 1 статті 9 [1]). На відміну від висновку державної екологічної експертизи, заснованої в основному на проектній документації та матеріалах ОВНС, висновок з оцінки впливу на навколишнє середовище в рівній мірі враховує також пропозиції і зауваження громадськості та інших державних органів, а також базується на власних експертних знаннях уповноваженого органу. Іншими словами, учасники процесу екологічної експертизи по суті погоджувалися або не погоджувалися

з проектними рішеннями і природоохоронними заходами, запропонованими проектантом. На противагу цьому, висновок по ОВД є обґрунтуванням планованої діяльності та, наприклад, може затвердити окремі проектні рішення або технічні параметри планованої діяльності, відмінні від запропонованих проектувальником; передбачити інші або додаткові природоохоронні заходи. Таким чином, «негативний» висновок по ОВД забороняє реалізацію запланованої діяльності в формі територіальних і технічних рішень, запропонованих підприємством, а «позитивний» висновок – закріплює обов'язкові «екологічні параметри» планованої діяльності, які не можуть змінюватися на наступних стадіях проектування, при будівництві або експлуатації об'єкта.

З огляду на ці обставини необхідно проаналізувати можливі правові ризики, пов'язані з процедурою ОВД та невиконанням умов виведення з ОВД.

3.3 Аналіз норм відповідальності за порушення природоохоронного законодавства

Правовою основою відповідальності за порушення норм екологічної безпеки є розділ XV Закону України «Про охорону навколишнього середовища» [22]. Відповідно до статті 68 порушення законодавства України про охорону навколишнього природного середовища тягне за собою встановлену цим Законом та іншим законодавством України дисциплінарну, адміністративну, цивільну і кримінальну відповідальність.

До форм правопорушень законодавства про охорону навколишнього природного середовища відносяться [22]:

- порушення прав громадян на екологічно безпечне навколишнє природне середовище;
- порушення норм екологічної безпеки;

- порушення вимог законодавства про оцінку впливу на навколишнє середовище, в тому числі поданні завідомо неправдивого звіту з оцінки впливу на навколишнє середовище або висновки щодо оцінки впливу на навколишнє середовище;
- неврахування в установленому порядку результатів оцінки впливу на навколишнє середовище і невиконання екологічних умов, визначених у висновку з оцінки впливу на навколишнє середовище;
- порушення екологічних вимог при проектуванні, розміщенні, будівництві, реконструкції, введенні в дію, експлуатації та ліквідації підприємств, споруд, пересувних засобів та інших об'єктів;
- допущення наднормативних, аварійних і залпових викидів і скидів забруднюючих речовин та інших шкідливих впливів на навколишнє природне середовище;
- перевищення лімітів та порушенні інших вимог використання природних ресурсів;
- самовільне спеціальне використання природних ресурсів;
- відмова від надання своєчасної, повної та достовірної інформації про стан навколишнього природного середовища, а також про джерела забруднення;

Підприємства, установи, організації та громадяни зобов'язані відшкодовувати збитки, заподіяну ними внаслідок порушення законодавства про охорону навколишнього природного середовища, в порядку та розмірах, встановлених законодавством України. Застосування заходів дисциплінарної, адміністративної або кримінальної відповідальності не звільняє винних від відшкодування збитків, заподіяних забрудненням навколишнього природного середовища та погіршенням якості природних ресурсів.

У статті 69 [22] визначені ключові особливості застосування цивільної відповідальності за порушення природоохоронного законодавства. Шкода, заподіяна внаслідок порушення законодавства про охорону навколишнього природного середовища, підлягає компенсації в повному обсязі.

3.4 Аналіз правових ризиків порушення процедур ОВД при будівництві та реконструкції залізничних шляхів

Аналіз норм права Закону України «Про оцінку впливу на навколишнє середовище» [1] показує чотири основні зони ризиків, а саме:

- умисне введення в оману або неповні відомості і підготовка завідомо неправдивого звіту по ОВД;
- порушення встановленої законодавством процедури;
- неврахування в установленому порядку висновку з ОВД;
- здійснення планованої діяльності без висновку з ОВД або з порушенням регламентів, встановлених в цьому висновку.

Для осіб, винних у цих порушеннях, передбачена дисциплінарна, адміністративна, цивільна або кримінальна відповідальність.

Аналіз норм Кодексу України про адміністративні правопорушення [23] показує різні форми відповідальності для посадових, юридичних і фізичних осіб – штраф на посадових осіб від 50 до 500 неоподатковуваних мінімумів доходів громадян в залежності від виду правопорушення.

Також Законом [1] встановлюється кримінальна відповідальність за порушення порядку проведення оцінки впливу на навколишнє середовище у вигляді позбавлення волі на термін від 5 до 10 років з позбавленням права обіймати певні посади чи займатися певною діяльністю на срок до 3 років.

Розширено також заходи відповідальності, які можуть бути застосовані до суб'єктів господарювання за порушення ними законодавства про оцінку впливу на навколишнє середовище. Такими заходами є тимчасова заборона та припинення діяльності підприємств у разі порушення ними законодавства про оцінку впливу на навколишнє середовище. Законом [1] передбачено обмеження, тимчасова заборона та припинення діяльності підприємств у разі порушення ними законодавства по ОВД. Рішення про обмеження і тимчасову заборону діяльності підприємств приймається центральним органом виконавчої влади (Мінприроди), його органами на місцях або судом.

3.5 Експериментальний моніторинг вмісту важких металів в баласті і землях відводу залізничної колії України

3.5.1 Опис процесів відбору проб баласту

Проби відбиралися відповідно до вимог ГОСТ 17.4.3.01-83 та ГОСТ 17.4.4.02-84. У випробуваннях застосовувалися кілька методів відбору проб:

- концентричних кілець (рис. 3.1);
- пробних майданчиків за елементами рельєфу (рис. 3.2);
- дослідних квадратів (рис. 3.3).

В рамках досліджень обрані дослідні майданчики розміром по 25 м², з яких відібрано п'ять точкових проб (матеріал з одного місця горизонту або одного шару ґрунтового профілю), які були усереднені методом квартування.

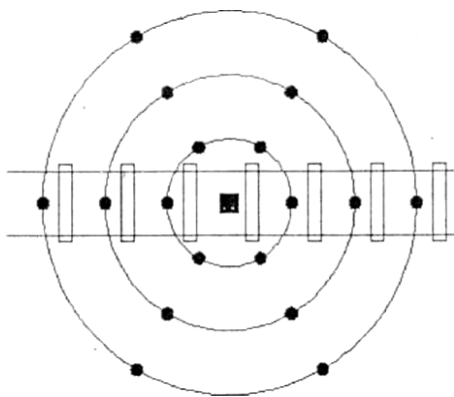


Рис. 3.1 - Метод концентричних кілець

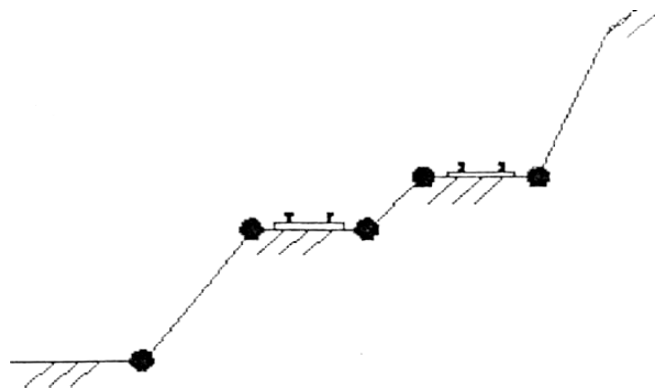


Рис. 3.2 - Метод пробних майданчиків

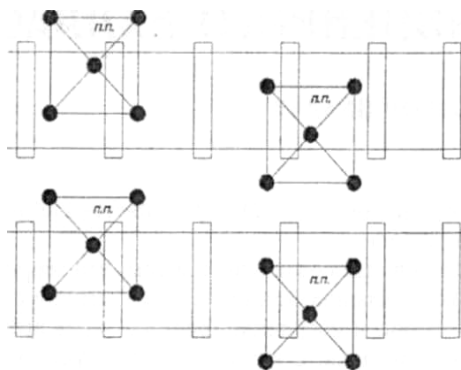


Рис. 3.3 - Метод дослідних квадратів

Проби відібрані з різних горизонтів (шарів) щебеню на глибинах 0 ... 20, 20 ... 40, 40 ... 60 см. Об'єднана (суміш не менше ніж з двох точкових проб), взята з різних шарів, мала квартовану вагу не менше 1 кг. Маса індивідуальних зразків для усереднення становить не менше 1 кг.

Представлені дослідження пов'язані з об'єднаними пробами щебеню з баласту і ґрунтів земель відводу різних ділянок Придніпровської залізниці. Вибір ділянок пов'язаний з великою кількістю і різноманітністю небезпечних вантажів, що транспортуються по залізниці. При цьому були використані наступні методики:

- залізо (МВВ 081/12-0403-06);
- мідь («Методика вимірювання концентрації міді», МП Рапор, М., 1992, стор. 12);
- марганець (МВВ 081/12-0402-06);
- цинк (МВВ 081/12-0159-05);
- свинець (МВВ 081/12-0112-03).

Визначення вмісту нафтопродуктів в початкових і відмитих зразках щебеню проводили екстракційно-спектрофотометричним методом і хроматографічним методом.

3.5.2 Результати визначення середнього вмісту важких металів в пробах баласту і ґрунту

Основними джерелами забруднення баластної призми, смуги відведення і прилеглих до неї територій є: втрати сипучих вантажів (добрих, цементу, вугілля, рудної сировини та інших), протоки (в тому числі аварійні) різних рідких вантажів, що перевозяться, скиди на шлях рідких і твердих відходів пасажирського транспорту, витіки нафтопродуктів при експлуатації рухомого складу і роботі ремонтної техніки та інше.

За результатами досліджень, найбільші забруднення баластної призми і ґрунтів рухомими формами важких металів відзначаються в земляному полотні дороги і в технічній смузі земельного відводу, що безпосередньо

прилягають до дороги. У таблиці 3.1 наведена градація ґрунтів за забрудненням і вмістом важких металів в смузі відводу.

Таблиця 3.1 – Градація ґрунтів за забрудненням і вмістом важких металів в смузі відводу

Елемент	Фонове значення для України, мг/кг	Група ґрунтів і градації забруднень, мг/кг						Найбільші знайдені значення, мг/кг
		1	2	3	4	5	6	
Марганець	≤50	50	100	150	200	250	300	250
Хром	≤10	10	20	30	40	50	60	150
Ванадій	≤10	10	20	30	40	50	60	15
Цинк	≤5	5	10	15	20	25	30	300
Нікель	≤2	2	3	6	8	10	12	300
Мідь	≤1	1	2	3	4	5	6	300
Свинець	≤0,8	0,8	1,5	2,3	3,2	4	5	300
Молібден	≤0,3	0,3	0,5	1	1,5	2,0	2,5	2
Кобальт	≤0,5	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	5
Кадмій	≤0,1	0,1	0,2	0,5	1,0	1,5	2,0	8

За сумарним показником забруднення важкими металами територію, зайняту земляним полотном і безпосередньо прилеглу до неї, слід (в районах рудноперевізних залізниць) віднести до I категорії небезпеки. Іншу частину технічної смуги відводу (до 30-120 м від шляху) можна віднести до II категорії небезпеки. Територію, розташовану на відстані більше 120 м від колії шириною приблизно 30-40 м, можна віднести до III категорії небезпеки.

Крім забруднення важкими металами слід зазначити забруднення магістральних територій органічними речовинами. Аналіз хімічного забруднення ґрунтів триметрової смуги і рейкового шляху на залізничних станціях Нижньодніпровськ-Вузол, П'ятихатки, Сухачівка і Баглій показав,

що ґрунти забруднені щонайменше десятима поліциклічними, ароматичними та іншими вуглеводнями, які є одними з найнебезпечніших хімічних сполук.

Результати визначення вмісту ЗР в окремих фракціях подрібненого баласту наведені в таблицях 3.2 і 3.3. Для оцінки ступеню хімічного забруднення подрібненого баласту з точки зору санітарно-гігієнічних показників в тих же таблицях наведені значення ГДК для ґрунтів.

Таблиця 3.2 – Вміст нафтопродуктів в пробах подрібненого баласту

№ п/п	Місце відбору проби	№ шляху	Глибина відбору, м	Вміст нафтопродуктів, мг/кг	
				< 0,1 мм	< 1,0 мм
1	Пікет №10	2	0	1100	950
2	Пікет №60	2	0,2-0,4	480	355
3	Пікет №1024	1	0-0,4	2100	1820
4	Перегон Сухачівка-Баглей		0-0,4	920	650
ГДК				1000	
Глибина відраховується від підшви шпали.					

Таблиця 3.3 – Оцінка вмісту важких металів в баласті Придніпровської залізниці

№ п/п	Місце відбору проби	Вміст важких металів, мг/кг						
		Pb	Cu	Ni	Cr	Zn	Co	Mn
1	Пікет №10	38	112,4	22,8	12,1	185,3	21,6	1428
2	Пікет №60	18	48,0	18,6	4,2	90,6	18,4	890
3	Пікет №1024	28	190,6	36,2	180,2	415,6	15,3	1700
4	Перегон Суначівка- Баглей	90	116,4	24,7	7,9	217,9	35,7	1828
ГДК для ґрунтів		32	23	35	90	85	50	1500

Порівняння отриманих оцінок вмісту ЗР в баласті з відповідними значеннями ГДК показали, що вміст нікелю, кобальту на обстежених ділянках магістралі не перевищував дозволеного ГДК. Для інших ОР верхні оцінки їх вмісту перевищують ГДК. За ступенем перевищення ГДК ці речовини можна розташувати в наступному ряді: мідь (8,1), цинк (4,9), свинець (2,8), нафтопродукти (2,1), марганець.

Сумарний індекс токсичності встановлений для найбільш забрудненого щебню (пікет № 1024), ст. П'ятихатки були розраховані до індексів токсичності цинку, міді, нікелю, марганцю. Він складав від 23,3 до 45,7 тому відходи відпрацьованого баласту можна віднести до IV класу небезпеки і розміщувати на території підприємства.

3.6 Аналіз середнього значення забруднення баласту залізниць сполуками важких металів

З кожного кілометра шляху при ремонті утворюється 801,8 м³ забруднених відходів баластного щебеню, який відноситься до III класу небезпеки і до теперішнього моменту не утилізується [18]. Заміна баластного щебеню проводиться на всіх залізницях в основному в процесі капітального і середнього ремонту шляху. Зазвичай відпрацьований баласт розділяється на три фракції:

- щебінь 25...60 мм для балансування головного шляху;
- щебінь розміром 5...20 мм для баластування під'їзних шляхів;
- «нетехнологічні» відходи розміром менше 5 мм, який розміщується на полігоні або відправляється в «резерв» шляху [19].

Відомо, що щебінь розміром менше 5 мм в більшій мірі забруднений важкими металами і нафтопродуктами [20, 21]. У зв'язку з цим, дослідження фракційного складу, ступінь забруднення баластного шару, а також питання його знешкодження і рециклінгу стають найбільш актуальними. У табл. 3.4

представлений усереднений вміст типових забруднюючих речовин в різних фракціях відсіву баласту залізниць [18].

Таблиця 3.4 – Вміст важких металів і нафтопродуктів в різних фракціях відпрацьованого відсіву баласту [18]

Розмір сита, мм	Вміст нафтопродуктів, мг/кг	Вміст важких металів, мг/кг						
		Cu	Zn	Pb	Cd	Hg	Mn	Ni
більше 5	120	3,9	10	2,3	0,06	0,004	41	5,2
більше 3	176	6,6	13	3,6	0,09	0,011	58	7,5
більше 2	55	8,4	17	4,8	0,11	0,01	82	12,4
більше 1	169	1Д	22	6,0	0,11	0,012	90	9,3
менше 1	50	7,6	19,8	4,4	0,1	0,01	70	12,2

Оцінка рівня хімічного забруднення проведена прямим порівнянням отриманих фактичних концентрацій з нормативними або фоновими значеннями. При цьому високий рівень небезпеки спостерігається для всіх зразків, для яких це співвідношення більше від 1,0 [21]. Розрахункові коефіцієнти безпеки для середніх значень концентрацій забруднюючих речовин в баласті наведені в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Оцінка рівня небезпеки відсіву баластного щебеню [18]

Розмір сита, мм	Вміст нафтопродуктів, мг/кг	Вміст важких металів, мг/кг						
		Cu	Zn	Pb	Cd	Hg	Mn	Ni
більше 5	120	3,9	10	2,3	0,06	0,004	41	5,2
більше 3	176	6,6	13	3,6	0,09	0,011	58	7,5
більше 2	55	8,4	17	4,8	0,11	0,01	82	12,4
більше 1	169	1,8	22	6,0	0,11	0,012	90	9,3
менше 1	50	7,6	19,8	4,4	0,1	0,01	70	12,2

Спираючись на відомі дані (табл. 3.5) можна констатувати, що всі дрібні фракції баласту залізниць не відповідають нормативам екологічної безпеки.

4 ТЕХНОЛОГІЇ ПОВОДЖЕННЯ

З «ВІДПРАЦЬОВАНИМ БАЛАСТОМ» ЗАЛІЗНИЧНОГО ШЛЯХУ

ВІДПОВІДНО ДО СУЧАСНИХ ВИМОГ ЕКОЛОГІЧНОГО

ЗАКОНОДАВСТВА

4.1 Загальні питання в поводженні з «відпрацьованим» баластом і рекультивації земель залізниць

При будівництві залізниць на стадії проектування доводиться вирішувати складне питання перерозподілу земель між колишніми і новими землекористувачами. При будівництві залізниць, крім вилучення земель, порушуються внутрішньогосподарське землевпорядкування та сівозміни, створюються перешкоди в роботі техніки. До земель для транспорту прийнято відносити землі, надані підприємствам, установам і організаціям транспорту для здійснення покладених на них спеціальних завдань по експлуатації, утримання, будівництва, реконструкції, ремонту, вдосконалення і розвитку споруд, пристроїв та інших об'єктів транспорту.

Розміри земельних ділянок, що надаються для зазначених цілей, визначаються «Нормами відведення земель для залізниць» (СН 468-77) та проектно-технічною документацією залізниці.

Залізничні магістралі і підприємства залізничного транспорту займають великі площі, в тому числі землі, придатні для сільськогосподарських робіт.

При тому, що залізничний транспорт має суттєві екологічні переваги перед автомобільним (дослідження, проведені фахівцями Німеччини, свідчать, що споживання земельної території на 1 км нових автомагістралей, в середньому, в три рази більші загальної земельної площі, що використовується для 1 км новозбудованих ділянок залізної дороги), загальна площа сільськогосподарських угідь, що відводяться під залізничний транспорт, досить велика. Середня площа земель, що відводяться в постійне

користування, складає ~ 78 % від всієї землі, а на землі, що відводяться у під тимчасове користування ~ 22 %. Тому питання поводження з «відпрацьованим» баластом і рекультивація порушених земель є важливим напрямком діяльності залізничного транспорту з його охорони та раціонального використання.

Напрямки рекультивації земель на залізничному транспорті можна розділити за такими категоріями:

- сільськогосподарський, коли на порушених землях створюються сільськогосподарські угіддя;
- лісогосподарський, що передбачає створення лісових насаджень;
- рибогосподарський – створення в зниженнях техногенного рельєфу рибницьких водойм;
- водогосподарський – створення водойм різного призначення;
- рекреаційний – спорудження об'єктів відпочинку;
- санітарно-гігієнічний – включає біологічну або технічну консервацію порушених земель, що негативно впливають на навколишнє середовище, рекультивація яких для використання економічно неефективна;
- будівельний – включає приведення порушених земель у стан, придатний для промислового і цивільного будівництва.

Витрати на відновлення тимчасово відведених земель визначаються природно-кліматичними умовами і напрямками їх подальшого використання в господарстві.

4.2 Аналіз існуючих схем поводження з відходами відпрацьованих баластних матеріалів

Утилізація відпрацьованих баластних матеріалів залізниць Європи відбувається відповідно до затверджених технологічних регламентів і спеціалізованих Директив ЄС, розроблених спільно з органами охорони

навколишнього середовища. В якості найкращої доступної технології розглядається повторне використання баласту, якщо це має економічну доцільність та технічні можливості. У таблиці 4.1 наведені основні напрямки утилізації баласту відповідно до рекомендацій ЄС [21].

Таблиця 4.1 – Найкращі доступні технології поводження з вторинними матеріалу, знятим з баласту залізничної колії (по еко-критерієм)

Критерій вмісту забруднюючих речовин	Джерело емісії	Перевищення нормативного значення	Рекомендації по спеціальній обробці	Найкращий шлях поводження
Стандартне значення U, нижче значення ГДК	Баласт із шляхів на бетонних і сталевих шпалах	–	Не потрібна	Повторне без обмежень
Стандартне значення T, в межах значення ГДК	Баласт із шляхів на дерев'яних шпалах, з стрілочних переводів та інших характерних місць шляху	+		Повторне на залізниці в поєднанні з прикриваючим захисним шаром
		+		Повторне на залізниці в поєднанні з прикриваючим захисним шаром
+		Сухе просіювання		Повторне після просіювання та обробки на спеціалізованому підприємстві
+		Промивання		
Стандартне значення T в продуктах переробки, перевищення в межах значення ГДК		++	Гравітаційне збагпчення	Не підлягає повторному використанню
		+++	Складування	
Примітка. U – стандартне значення для знятих з колії баластних матеріалів, які містять шкідливі речовини і дозволені для повторного використання без обмежень; T – стандартне значення для баластних матеріалів зі ступенем забруднення, допустимим для повторного використання в комбінації з проміжним шаром.				

При цьому знятий зі шляху баластний матеріал вважається:

- незабрудненим, якщо вміст у ньому шкідливих для навколишнього середовища речовин не перевищує стандартного значення U. Такий матеріал можна без обмежень повторно використовувати на залізниці в якості первинного, а також в інших цілях після відповідної обробки (промивання, подрібнення або сортування);
- придатним для повторного використання, якщо вміст у ньому шкідливих для навколишнього середовища речовин не перевищує стандартного значення T. Такий матеріал можна використовувати в якості сировини для виготовлення композиційних будівельних або дорожніх матеріалів, наприклад бетону або асфальту, що застосовуються, наприклад, в якості основи при будівництві автомобільних доріг або залізниць, за умови прикриття зверху захисним шаром з асфальту або бетону;
- забрудненим, якщо вміст у ньому шкідливих для навколишнього середовища речовин перевищує стандартне значення T. Такий матеріал повинен бути підданий обробці, яка дозволила б перевести його в категорію незабруднених або придатних до використання, або в якості альтернативи складуватися в відвал, але також після обробки відповідно до законодавства про промислові відходи (TVA).

Відпрацьований баластовий матеріал, що містить специфічні для умов експлуатації залізниць забруднювачі і не може бути класифікований як незабруднених або придатний для повторного використання, повинен бути оброблений на спеціалізованих підприємствах і установах. Отже, зняття баластного матеріалу має входити в план робіт з ремонту колії як невід'ємної частини на зразок того, як утилізація промислових відходів неодмінно інтегрується в будь-який технологічний процес.

Згідно з рекомендаціями по вибору найкращих доступних технологій, від залізниці може знадобитися виконання однієї або декількох з наступних процедур: очищення баласту на місці, використання відпрацьованого

баластного матеріалу в шляху, сухе просіювання, звичайне промивання, гравітаційне збагачення і складування у відвал. Оскільки обробка відпрацьованого баластного матеріалу обходиться недешево, необхідно спочатку вжити заходів щодо усунення джерел потрапляння додаткових забруднювачів в баластний шар. Наприклад, оскільки креозот, який використовується для просочення шпал, містить поліциклічні ароматичні вуглеводні, слід розробити і впровадити інші методи просочення і просочувальні матеріали, що менше забруднюють баласт шкідливими речовинами. Точно так же усунути надходження в баластний шар мінеральних вуглеводнів можна шляхом більш широкого застосування стрілочних переводів, конструкція яких не вимагає мастила. Такі заходи можуть принести істотний економічний і екологічний ефект. При цьому знизиться шкідливий вплив на навколишнє середовище, а більша кількість знятого з шляху баластного матеріалу зможе бути повторно використана без дорогої обробки.

4.3 Огляд способів очищення відходів і «відпрацьованого баласту» від забруднення

У світовій практиці для очищення ґрунтів від нафтопродуктів і продуктів їх перетворень, використовують термічні, хімічні, біологічні, механічні та фізико-хімічні методи [61].

До термічних методів знешкодження відходів відносять спалювання, газифікації та піроліз. Хімічні методи знешкодження забруднених нафтою ґрунтів і відходів полягають в додаванні до маси, що нейтралізується, хімічних реагентів. Залежно від типу хімічної реакції реагенту з забруднювачем відбувається осадження, окислення-відновлення, заміщення, комплексоутворення. Осадження використовують для очищення ґрунту від поліхлорованих біфенілів, пентахлорфенола, хлорованих і нітрованих вуглеводнів. Для хімічної очистки використовують неорганічні речовини

типу цементу, золи, силікатів калію і натрію, бентоніту або целюлози. Спеціальні технології іммобілізації використовують для скріплення поліциклічних і ароматичних вуглеводнів, трихлоретилену і нафтопродуктів.

Недоліком даних технологій є великий обсяг відходів після процесу очищення – від 0,4 т на 10 т забрудненого баласту.

Біологічні методи знешкодження знаходять все більш широке застосування в нашій країні і, особливо, за кордоном. Вони засновані на здатності різних штамів мікроорганізмів в процесі життєдіяльності розкладати або засвоювати в своїй біомасі деякі органічні забруднювачі. Разом з тим, в процесі біоочищення відбувається вторинне забруднення атмосферного повітря продуктами гниття клітин мікроорганізмів. Біологічні методи можна умовно поділити на мікробіодеградацію забруднювачів, біопоглинання і перерозподіл забруднюючих речовин.

Фізико-хімічні методи утворюють найбільш представницьку групу методів очищення і знешкодження ґрунтів, забруднених нафтопродуктами і важкими металами. При створенні фізичних полів в пористих середовищах починають протікати одночасно безліч фізико-хімічних процесів.

Постійне електричне поле, прикладене до водонасиченого ґрунту, викликає протікання електрохімічних і електрокінетичних процесів. До електрохімічних процесів відносяться електроліз, електрофлотація, електрокоагуляція, електродеструкція, електрохімічне знезараження, іонний обмін, електрохімічне окислення і вилуговування, електродіаліз, а до електрокінетичних – електроосмос, електрофорез і електроміграції.

Розглянуті вище методи є базою для вже створених технологій знешкодження забруднюючих речовин в «відпрацьованому» баласті або пропонуються на даний час. Ефективність конкретного методу знешкодження, і технології на його основі, залежить від сукупності фізико-хімічних параметрів і технологічних факторів.

4.3.1 Очищення забрудненого баласту на місці

Якщо в процесі ремонту шляху немає необхідності в заміні матеріалів основи, баластний матеріал можна очистити безпосередньо на місці робіт за допомогою спеціалізованих балластоочистних машин. Баластний матеріал знімають зі шляху і по транспортеру подають на сортувальну установку. На спеціальних грохотах відсіваються занадто дрібні і великі частки щебеню, які завантажують у спеціальні вагони і відправляють на переробку. Щебінь потрібних фракцій, що залишився, знову укладають в шлях. У разі необхідності в дану технологічну схему додають модулі промивання і хімічної очистки.

Також можуть використати технологію сухого просіювання. Даний спосіб покращує механічні характеристики баластного матеріалу, але незначно зменшує ступінь його забруднення.

4.3.2 Використання в основі шляху

Якщо в процесі ремонту шляху необхідно замінити матеріал основи, при тому, що є місце для подібних робіт і можна вивести шлях з експлуатації на досить тривалий час, ремонт проводять за технологією подібній укладенню нового шляху. В такому випадку відпрацьований баластовий матеріал можна використовувати в основі шляху за умови, що він не забруднений глиною, що потрапила в нього з ґрунту земляного полотна. Цей метод економічно ефективний, так як знятий зі шляху баластовий матеріал може бути повторно використаний на місці без обробки.

Шар основи шляху, що лежить під баластовим, пом'якшує динамічні навантаження від рухомого складу, і передає їх на нижчі шари таким чином, щоб напруга в них не перевищувала межі міцності. Крім того, він виконує функції захисту від зайвого обводнення і промерзання. Цей шар зазвичай має товщину 25-40 см і, як правило, складається з гравію, що володіє достатньою проникністю і опірністю капілярній фільтрації.

Далі укладається проміжний захисний шар. Він зазвичай виконується з бітумінозних сумішів для запобігання проникненню в нижчі шари поверхневих вод, з зони, що знаходиться під найбільшим навантаженням. Крім того, він перешкоджає зростанню бур'янів, знижує ступінь забруднення шляху витоками нафтопродуктів і сприяє гасінню вібрацій. Цей шар знаходиться між верхнім шаром основи і баластним та може істотно продовжити термін служби їх обох [60].

4.3.3 Промивання

Технологічний процес та обладнання установки для промивання відпрацьованого баластного матеріалу схематично наведені на рис 4 [67]. Знятий з шляху забруднений і засмічений баластовий матеріал в спеціальних вагонах транспортують на промивальну установку. Тут його по конвеєру порціями подають в приймальний бункер установки для попередньої обробки. Магнітний сепаратор витягує з баластного матеріалу всі металеві включення, а потім калібрований сепаратор видаляє частинки розміром більше 45 мм. Після цього баластовий матеріал промивається. Промитий матеріал подається на сортувальний гуркіт, який пропускає частинки розміром 6...45 мм. Із забрудненої води, використаної для промивки, за допомогою гідроциклону видаляється пісок, а потім вода додатково очищається методом осадження. Очищену воду знову направляють на промивку баластного матеріалу, чим забезпечується оборот води по замкнутому циклу. Суміш піску з гідроциклону, дрібних частинок баластного матеріалу з гуркоту і видаленого з води мулу ущільнюється і пресується; при цьому утворюються брикети, які використовують в якості фільтрувальних.



Рисунок 4 – Технологія і обладнання для промивки відпрацьованого баластного матеріалу [67]

Як показують результати досліджень [67], після такого промивання ступінь забруднення відпрацьованого баластного матеріалу знижується не менше ніж в 2 рази. Якщо вміст шкідливих забруднювачів в баластному матеріалі після промивання задовольняє вимогам, що пред'являються до незабрудненого матеріалу (стандартного значенням U), такий матеріал можна повторно використовувати без потреби в подальшій обробці і без обмежень як в якості баластного матеріалу, так і в якості матеріалу для дорожнього будівництва, дренажних систем, та іншого. Якщо вміст шкідливих забруднювачів знаходиться в межах запропонованого для матеріалу, придатного для повторного використання з деякими обмеженнями, такий матеріал можна застосувати в якості сировини для виготовлення бетону або асфальту. Баластний матеріал, що складається з частинок потрібних фракцій, але з округленими гранями, можна використовувати за прямим призначенням, але тільки на другорядних шляхах.

4.3.4 Гравітаційне збагачення «відпрацьованого» баласту

Цей вид обробки складніший, ніж промивання і включає кілька технологічних процесів, в тому числі гравітаційне відділення забруднених і незабруднених дрібних фракцій на грохотах, дроблення великих часток, промивка, багатоступеневу сепарацію на циклонах, а також обробку використаної води. Гравітаційне збагачення – особливий вид очищення, який доцільно використовувати тільки у випадках, коли знятий зі шляху баластовий матеріал настільки забруднений, що для його очищення простого промивання недостатньо, а також, якщо його складування в відвал безпосередньо після зняття з шляху неможливе з екологічних або недоцільне з економічних міркувань [23].

4.3.5 Складування в відвал дуже забрудненого баласту

Знятий з шляху баластовий матеріал, ступінь забруднення якого дуже високий, можна тимчасово складувати в відвал для хімічно інертних матеріалів. Баластний матеріал з високим ступенем забруднення необхідно попередньо обробити або складувати в спеціальний відвал відповідно до вимог законодавства щодо поводження з небезпечними промисловими відходами.

4.4 Порівняльний аналіз різних способів поводження з забрудненим баластом залізничної колії

У таблиці 4.2 представлені результати еколого-економічного порівняння різних технологій поводження з відпрацьованим і забрудненим баластом залізничної колії. В основі аналізу – технології очищення від нафтопродуктів та інших органічних забруднювачів, які можна паралельно застосувати для очищення від важких металів. Як випливає з аналізу, найбільшою ефективністю володіють печі спалювання ІН-50, з використанням яких може бути побудована універсальна технологія

знешкодження твердих побутових відходів, некондиційних шпал, забруднених ґрунтів і пастоподібних нафтошламів з утилізацією з утворенням тепла. Однак термічне знешкодження в печах ІН-50 не дозволяє видаляти з ґрунту солі важких металів.

Таблиця 4.2 – Еколого-економічні показники установок і технологій утилізації вуглеводовмістних відходів

п/п	Найменування установки / технології знешкодження відходів	Продуктивність, т/год	Вартість очищення, дол. США/т	Капітальні витрати, долл./т в рік	Ступінь очищення	
					Від вуглеводнів	Від солей важких металів
1	2	3	4	5	8	9
1	Піч спалювання «Вихор» (Росія)	1,0	40	450	Більше ГДК	Перехід в шлак
2	Обертова піч (Дирон, Франція)	0,5	200	1600	Менше ГДК	Перехід в шлак
3	Доменна міні-піч (Росія)	10,0	0	330	Менше ГДК	Менше ГДК
4	Піч РОМЕЛТ (Росія)	1,0	0	300	Більше ГДК	Менше ГДК
5	Піч газифікаційна (сверхадиабатного горіння) Росія	4,0	0	100	Менше ГДК	Перехід в шлак
6	Піч піролізу (ВНИИЖТ, Росія)	0,05	70	1250	Менше ГДК	Перехід в шлак
7	Інсенератор RC/M IMEF	0,1	500	3000	Більше ГДК	Перехід в шлак
8	Інсенератор ІН-50.1 (Росія)	0,05	0	90	Менше ГДК	—
9	Інсенератор ІН-50.2 (Росія)	0,1	0	50	Менше ГДК	—
10	Інсенератор ІН-50.3 (Росія)	0,1	0	52	Менше ГДК	—
11	Інсенератор ІН-50.4 (Росія)	0,15	0	21	Менше ГДК	—

Продовження таблиці 4.2

12	Інсенератор ІН-50.6 (Росія)	0,5	0	48	Менше ГДК	–
14	Технологія електрохімічного знешкодження	-	150	-	Більше ГДК	Менше ГДК
15	Технологія електрокінетичного очищення	-	170	-	Більше ГДК	Менше ГДК
16	Технологія зверхкритичної екстракції	0,15	0	100	Менше ГДК	Більше ГДК
17	Технологія промивання ґрунту розчином ПАР	1,0	50	120	Менше ГДК	Менше ГДК
18	Технологія кавітаційного промивання ґрунту розчином ПАР	1,0	50	80	Менше ГДК	Менше ГДК

Технології промивання є більш ефективними, мають меншу вартість очищення і капітальні витрати в порівнянні з іншими технологіями, що очищають від нафтопродуктів й солей важких металів. Технологічна схема промивної технології представлена на рис. 5. Для підвищення ефективності очищення від нафтопродуктів пропонується використовувати не воду, а миючий розчин технічного миючого засобу у воді.

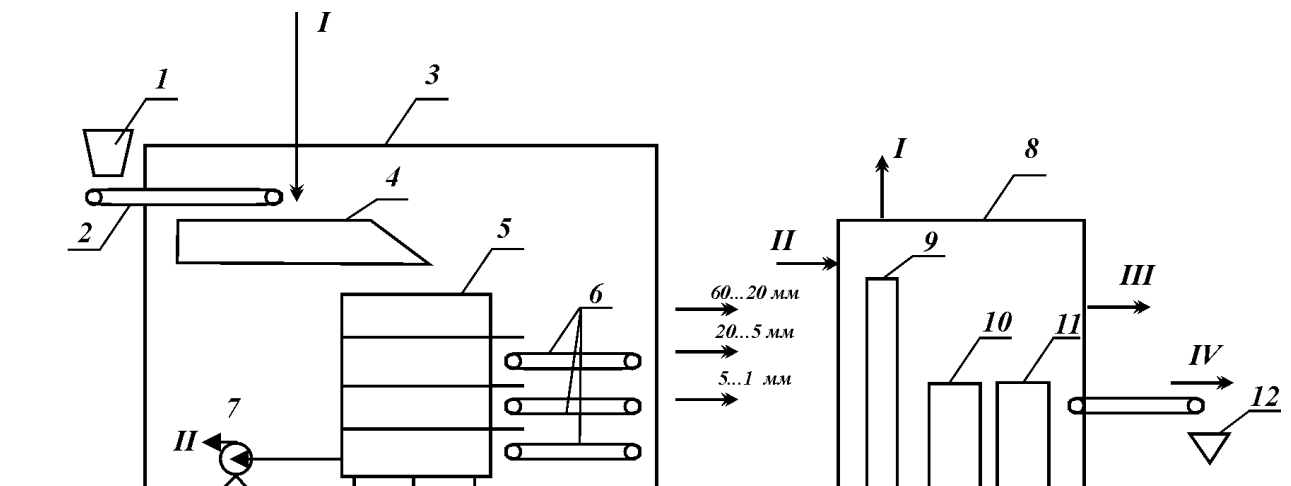


Рисунок 5 – Технологічна схема очищення ґрунту, забрудненого нафтопродуктами та солями важких металів

1–бункер для завантаження ґрунту; 2–транспортер; 3–секція промивання; 4–вузол коритної шнекової мийки для ґрунту; 5–вузол вібраційних сит; 6–транспортери для

вивантаження очищених фракцій; 7–шламовий насос; 8–секція очищення і підготовки розчину для промивання; 9–відстійник; 10–прес-фільтр; 11–вузол електрохімічної очистки; 12–бункер для очищеного ґрунту фракції менше 1 мм. I–лінія очищеного розчину; II–лінія забрудненого миючого розчин з фракцією ґрунту 1 мм; III–лінія відбору нафтопродуктів; IV–лінія очищеного ґрунту.

Забруднений ґрунт завантажують грейдером в бункер 1, далі транспортером 2 направляють в вузол коритної шнекової мийки 4 секції 3. Вузол коритної шнекової мийки використовується в технологіях фірм Rail-Pro, Lurgi, WATCO, в технології миття піску і щебеню щебеневих заводів МПС Росії, вібромийка – в технології ННІЦ «Екогеологія» МПС Росії, гідроструйна технологія – на підприємстві «Шерик» і в установці фірми «Чисті технології». Шнекова мийка значно ефективніша, ніж гідроструйна, так як процес очищення відбувається у воді при механічному контакті забруднених частинок, що супроводжується стиранням поверхні частинок. На новостворених поверхнях абсорбуються молекули поверхнево-активної речовини, що запобігають повторному забрудненню твердих частинок нафтопродуктами. Ступінь очищення ґрунту – 95 %.

Дана технологія відрізняється від традиційних способів тим, що не має забруднених стічних вод і небезпечних відходів. У вищеписаній технології очищення ґрунту використовується замкнута система водокористування та електрохімічна для очищення ґрунту від нафтопродуктів і солей важких металів. Тобто технологія є екологічно чистою.

Устаткування установки очищення ґрунту може розташовуватися на двох залізничних платформах, можливе розміщення установки меншої продуктивності на автомобільних причепах. Установка може розміщуватися також і стаціонарно на території виробничої бази колійної машинної станції.

ВИСНОВКИ

У представленій магістерській роботі проаналізовано способи вторинного використання елементів баластної призми залізничної колії в контексті сучасних вимог природоохоронного законодавства України і Європейського союзу. Узагальнюючи всі результати досліджень, поставлені цілі і завдання магістерської роботи можна вважати виконаними в повному обсязі.

В першому розділі було визначено, що на залізницях існують два види забруднень – внесені рухомим складом, що знаходиться в справному стані (їх можна назвати постійними), і локальні, що виникають під час перевозення вантажу по шляху під час непередбачених ситуацій (аварій, несправностей, тощо).

Існує цілий ряд проблем, пов'язаних з комплексним урахуванням стану забруднення баласту залізничної колії. Оцінити ступінь екологічної безпеки досить складно через низку факторів [1]:

- відсутня система забезпечення оперативної і достовірної інформації про реальні геофізичні і погодні умови.
- складно оцінити можливі ризики, що існують при перевезенні небезпечних вантажів з урахуванням природних факторів;
- на залізниці відсутні прямі регламенти такого моніторингу;

Баластовий шар повинен відповідати наступним вимогам:

- приймати тиск від шпал і рівномірно розподіляти його на площі земляного полотна.
- забезпечувати стабільне проектне положення рейкошпальної решітки, можливість виправлення шляху в профілі і плані для компенсації неминучих залишкових деформацій, оптимальну пружність підрейкової основи, особливо залізобетонних шпал.
- мати низьку електропровідність, що забезпечує нормальну роботу рейкових кіл автоблокування, незалежно від погодних умов.

- швидко відводити воду з баластної призми і з основного майданчика земляного полотна, що перешкоджає перезволоженню і втраті несучої здатності.

Вимоги екологічної безпеки баласту залізниць не встановлені. Регламентована необхідність очищення баластного шару можна визначити по здатності баласту фільтрувати воду. Цей показник побічно характеризує кількість забруднень, їх зерновий і мінеральний склад, щільність заповнення ними пустот та інші.

Перезволоження баластного шару призводить до наступних негативних наслідків:

- зміні положення проектних відміток внаслідок його зрушення.
- підвищення електропровідності через присутність зв'язаної води в елементах шляху.
- збільшення кількості сторонніх забруднювачів із зовнішнього середовища і з рухомого складу веде до забруднення шляху.
- збільшення кількості позафракційного щебню за рахунок його подрібнення.

Щебінь легко пропускає дощову воду, яка, змиваючи забруднення з його поверхні, потрапляє в баластную призму. Забруднювачі роз'єднують зерна щебеню. При підвищенні тиску на баласт це призводить до його видавлювання в шпальні ящики.

При оцінці залізничної колії важливу роль має забруднення ґрунтів земель відводу. Ґрунти в відводах залізниць відмінні від природних за водно-фізичними властивостями і хімічному складу. Вони переущільнені, ґрунтові горизонти перемішані з побутовими відходами, речовинами та матеріалами, які перевозяться по них. Велика частина забруднюючих речовин надходить в ґрунт в результаті нерегламентного транспортування вантажів. Техногенне надходження забруднюючих речовин в ґрунти відводів залізниць не може бути рівномірним.

Технологічні процеси перевезень сприяють накопиченню в баласті залізничної колії сполук важких металів Pb, Zn, Cu, Ni, Fe, Co, Cr. Таким чином, рівень забруднення ґрунтів шляху викидами залізничного транспорту залежить від інтенсивності, складу руху (перевезених вантажів) і тривалості експлуатації дороги. Це сприяє ненормативному забрудненню зливових стічних вод, що стікають з баластної призми. Дані води характеризуються сильним забрудненням нафтопродуктами (мінеральні масла) з концентрацією 50 мг/л при нормі 0,3 мг/л, іншими органічними речовинами, вираженими в біологічному споживанні кисню, до 300 мг/л при нормі 20 мг/л.

Визначення забрудненості баластного матеріалу необхідне тільки для встановлення можливості подальшого використання «відпрацьованого» баласту, як відходу виробництва, але і для оцінки його впливу на ґрунти, в разі його складування уздовж шляху, і в місцях, які не мають спеціального обладнання.

Можна прийти до висновку, що в сучасних умовах розвитку залізниць важливим є визначення впливу різних чинників на ступінь забруднення баластної призми і розробка заходів для екологічної оцінки та поводження з «відпрацьованим» баластом для його подальшого використання у відповідності до вимог законодавства України і Європейського союзу.

У другому розділі було розкрито, що в Україні не визначено нормативне регулювання максимальних безпечних концентрацій забруднюючих речовин в ґрунті, відходах і, відповідно, в баласті залізничної колії. На даний момент відбувається перехід нормативних значень з системи, яка діяла в СРСР, на систему регулювання Європейського союзу.

Для опису та визначення рівня впливу забруднених відходів і баласту можна застосувати різні методи оцінки. Кожна методика має свої переваги і недоліки. Тому, доцільно оцінювати отримані дані по всіх наведених методикам. При цьому головною проблемою залишається визначення норм ГДК забруднюючої речовини. У табл. 2.1 проаналізовані всі основні

регламенти екологічної безпеки, які можна використовувати в процедурах ОВД ремонту і заміни баласту залізничної колії.

Для узагальнених оцінок рекомендується використовувати міжнародні індекси PIN , Z_c і E_i . За базу порівняння рекомендується використовувати стандартні фонові кларки забруднюючих речовин або відповідні значення ФСК (табл. 2.1). Додатково, для повноти процедур ОВД рекомендується звернутися до методів ISO 11269-1 і ISO 6341.

За даними з третього розділу можна побачити, що в Україні не визначено нормативного регулювання максимальних безпечних концентрацій забруднюючих речовин у ґрунті, відходах і відповідно в баласті залізничної колії. На даний момент відбувається перехід нормативних значень з системи, яка діяла в СРСР, на систему регулювання Європейського союзу.

Для опису та визначення рівня впливу забруднених відходів і баласту можна застосувати різні методи оцінки. Кожна методика має свої переваги і недоліки. Тому доцільно оцінювати отримані дані по всіх наведених методиках. При цьому головною проблемою залишається визначення норм ГДК забруднюючої речовини. У табл. 4.1 проаналізовані всі основні регламенти екологічної безпеки, які можна використовувати в процедурах ОВД для ремонту і заміни баласту залізничної колії.

Для узагальнених оцінок рекомендується використовувати міжнародні індекси PIN , Z_c і E_i . За базу порівняння рекомендується використовувати стандартні фонові кларки забруднюючих речовин або відповідні значення ФСК (табл. 3.1). Додатково, для повноти процедури ОВД рекомендується звернутися до методів ISO 11269-1 і ISO 6341.

За результатами експериментальних досліджень, найбільше забруднення баластної призми і ґрунтів рухомими формами важких металів відзначається в земляному полотні дороги і в технічній смузі земельного відводу, що безпосередньо прилягає до дороги. За ступенем перевищення ГДК ці речовини можна розташувати в наступному ряді: мідь (8,1),

цинк (4,9), свинець (2,8), нафтопродукти (2,1), марганець. Сумарний індекс токсичності становить від 23,3 до 45,7 тому відходи відпрацьованого баласту слід розглядати як небезпечні.

За сумарним показником забруднення важкими металами територію, зайняту земляним полотном і безпосередньо прилеглу до неї, слід (в районах рудноперевізних залізниць) віднести до I категорії небезпеки. Іншу частину технічної смуги відводу (до 30-120 м від шляху) можна віднести до II категорії небезпеки. Територію, розташовану на відстані більше 120 м від колії шириною приблизно 30-40 м, можна віднести до III категорії небезпеки.

Спираючись на дані досліджень можна констатувати, що всі дрібні фракції баласту залізниць не відповідають нормативам екологічної безпеки.

Розглядаючи четвертий розділ можна побачити, що питання рекультивації земель стає все більш злободенним. Природоохоронна діяльність, спрямована на зниження і ліквідацію негативного антропогенного впливу на природне середовище, збереження і раціональне використання ресурсного потенціалу країни приносить найбільший економічний і екологічний ефект при здійсненні її на різних етапах будівництва залізниць.

Відпрацьований баластовий матеріал, що містить специфічні для умов експлуатації залізниць забруднювачі і не може бути класифікований як незабруднений або придатний для повторного використання, повинен бути оброблений на спеціалізованих підприємствах і установах. Отже, зняття баластного матеріалу має входити в план робіт з ремонту колії як невід'ємна частина, як утилізація промислових відходів неодмінно інтегрується в будь-який технологічний процес.

У світовій практиці для очищення ґрунтів від нафтопродуктів і продуктів їх перетворень, використовують термічні, хімічні, біологічні, механічні та фізико-хімічні методи.

Найбільшою економічністю володіють термічні методи. Однак термічне знешкодження в печах ІН-50 не дозволяє видаляти з ґрунту солі важких металів.

Промивні технології є більш ефективними, мають меншу вартість очищення і капітальні витрати в порівнянні з іншими технологіями, очищають не тільки від нафтопродуктів, а й від солей важких металів. Застосування промивання дозволяє знизити ступінь забруднення відпрацьованого баластного матеріалу в 2 рази.

Для успішного вирішення проблеми утилізації відходів обрана технологія повинна відповідати наступним вимогам:

- екологічна безпека технології, що застосовується та відсутність побічних, негативних екологічних явищ;
- ступінь очищення відходів повинен відповідати законодавчим вимогам, тобто залишкова кількість шкідливих речовин не повинна перевищувати гранично допустиму концентрацію (ГДК);
- економічна ефективність технології (прибутковість, низькі витрати на капітальне будівництво і експлуатацію);
- мінімізація транспортних витрат (знешкодження відходів повинно здійснюватися поблизу місць їх утворення);
- мобільність установки, що здійснює очистку ґрунту;
- мала площа, необхідна для розміщення установки (через насиченість технологічним обладнанням територій станцій і депо);
- універсальність технології (можливість переробки рідких і пастоподібних і твердих відходів);
- висока швидкість знешкодження відходів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Медведева В.М., Зубрев Н.И. Организация природоохранной работы на предприятиях железнодорожного транспорта. – М.: Маршрут, 2012.
2. Рудаков, О. Г. (2011). Державна програма реформування залізничного транспорту на 2009-2015 роки: проблеми та шляхи вирішення. Режим доступу: http://www.nbuv.gov.ua/portal/soc_gum/usoc/2010_2/133-143_2'10_-15.pdf.
3. Даніленко, Е. І., Вербицький, В. Г., & Уманов, М. І. (2010). Вплив поперечних та поздовжніх горизонтальних сил на роботу безпідкладкової та підкладкової конструкції рейкової колії.
4. Даренський, О. М. (2013). Аналіз фактичних експлуатаційних умов роботи залізничних колій підприємств чорної металургії. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті, (3), 39.
5. Шаповалов, В. Л., Явна, В. А., Ермолов, К. М., Кругликов, А. А., Окост, М. В., & Хакиев, З. Б. (2017). Инженерные решения по повышению устойчивости верхнего строения железнодорожного пути. Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения, (4), 119-135.
6. Загитов, Э. Д., & Игонькин, С. Н. (2012). Мониторинг верхнего строения пути и земляного полотна. Мир транспорта, 10(5), 124-128.
7. Толстикова, Н. А. (2016). Анализ загрязненности щебеночного балласта. Известия Транссиба, (3 (27)).
8. Drainage, Better Drainage, and More Drainage. DARRELL D. CANTRELL - AREMA CONFERENCE- SEPTEMBER 23, 2009. URI: https://www.arema.org/files/library/2009_Conference_Proceedings/Drainage_Better_Drainage_and_More_Drainage.pdf
9. ДСТУ Б В.2.7-208:2009: Баласт гравійний та гравійно-піщаний для залізничної колії. Технічні умови – Прийнято та надано чинності

наказом Міністерства регіонального розвитку та будівництва України від 22.12.2009 р. № 651. – Київ, Мінрегіонбуд України, 2010. – 12 с.

10. Технічні вказівки по правилам вхідного контролю приймання матеріалів верхньої будови колії [Текст] : затв. розпоряд. Голов. упр. колійного госп. Укрзалізниці від 29.02 2003 р. - К, 2004. - 72 с. - (Мін-во трансп. України. Держ. адмін. заліз. трансп. України. Голов. упр. колійношго госп.). - ISBN 966-8173-07-4

11. ДСТУ 3812-98. Охорона довкілля та раціональне поводження з ресурсами. Контроль оперативний стічних вод очисних споруд міст і промислових підприємств. Загальні положення. - Наказ від 16.12.1998 р. № 976. – Київ, Держстандарт України, 1999 – 32 с.

12. Щебінь із природного каменю для баластного шару залізничної колії. Технічні умови [Текст]: ДСТУ Б В.2.7-204:2009. – Введ. 12.12.2009. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 13 с.

13. Directive 2011/92/EU of the European Parliament and of the Council of 13 December 2011 on the assessment of the effects of certain public and private projects on the environment Text with EEA relevance, ELI: <http://data.europa.eu/eli/dir/2011/92/oj>

14. Угода про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони у редакції від 30.11.2015, URI: http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011

15. Про затвердження критеріїв визначення планованої діяльності, яка не підлягає оцінці впливу на довкілля, та критеріїв визначення розширень і змін діяльності та об'єктів, які не підлягають оцінці впливу на довкілля, ПКМУ від 13 грудня 2017 р. № 1010, URI: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1010-2017-%D0%BF>

16. Конвенция об оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте, URI: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/env_assessment.shtml

17. Про оцінку впливу на довкілля // Асоціація "Енергоефективні міста України" (АЕМУ). URI: <http://enefcities.org.ua/novyny/pro-otsinku-vplyvu-na-dovkillya/>

18. Крошечкина, И. Ю.; Зубрев, Н. И. Комплексная оценка загрязнений балластного слоя железнодорожного полотна. XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс, 2014, 1: 100.

19. Отчет по паспортизации отхода «Отработанный щебень мелкой фракции (отсев)» в структурных подразделениях Центральной дирекции по ремонту пути - филиала ОАО "РЖД", МИИТРОАТ, Москва 2012.

20. Теплякова Е.А., Бельков В.М. Загрязнение земель инфраструктуры // Путь и путевое хозяйство. - 2013. - № 7. - С.2-4.

21. Зубрев Н.И., Журавлева М.А. Предотвращение загрязнения биосферы тяжелыми металлами при эксплуатации высокоскоростного транспорта: монография. - М.: ФГБ ОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2012. —272 с.

22. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25.06.1991 № 1264-ХІІ

23. Кодекс України про адміністративні правопорушення від 07.12.1984 № 8073-Х

24. ГОСТ 27593-88 «Почвы. Термины и определения», введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам 23.02.88 № 326

25. ДСТУ 3980-2000 Ґрунти Фізико-хімія ґрунтів Терміни та визначення

26. Закон України «Про охорону земель» 19.06.2003 № 962-IV

27. СН-4433-87 «Санитарные нормы допустимых концентраций (ПДК) химических веществ в почве», утвержденные заместителем Главного государственного санитарного врача СССР А. И. Кондрусев 30.10.1987 № 4433-87, URI: [http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/v4433400-](http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/v4433400-87)

28. СН-3210-85 «Предельно допустимые концентрации химических веществ в почве (ПДК)», утвержденные заместителем Главного государственного врача СССР А. И. Заиченко 01.02.1985 № 3210-85, URI: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/v3210400-85>

29. «Про визнання такими, що втратили чинність, та такими, що не застосовуються на території України, актів санітарного законодавства», Розпорядження Кабінету Міністрів України від 20 січня 2016 р. N 94-р, URI: <https://www.kmu.gov.ua/ua/npas/248850007>

30. ДСанПіН 2.2.7.029-99 «Гігієнічні вимоги щодо поводження з промисловими відходами та визначення їх класу небезпеки для здоров'я населення», постанова Головного державного санітарного лікаря України №29 від 01.07.99 р. URI: <http://zakon5.rada.gov.ua/rada/show/v0029588-99>

31. Рішенням Державної служби України з питань регуляторної політики та розвитку підприємництва від 15.07.2014 № 33, URI: <http://www.dkrrp.gov.ua/print/3712>

32. ДСТУ 4362:2004 «Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів», уведений в дію наказом Державного комітету України з питань технічного регулювання та споживчої політики від 9 грудня 2004 р. № 273

33. ДСТУ 7369:2013 «Стічні води. Вимоги до стічних вод і їхніх осадів для зрошування та удобрення», уведений у дію наказом Міністерства економічного розвитку і торгівлі України від 22.0.2013 за № 1010

34. Додаток 3 «Допустимий вміст важких металів в осадах стічних вод, що можуть використовуватися як органічні добрива», Правила приймання стічних вод до систем централізованого водовідведення, Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 01.12.2017 № 316, URI: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/z0056-18>

35. Самарська, А.; Зеленько, Ю. Підходи до оцінки забрудненості ґрунтів важкими металами. In: Сталий розвиток, стан та перспективи:

матеріали міжнародного наукового симпозіуму SDEV '2018, Львів-Славське, Україна. Панорама, 2018. р. 113-116.

36. Земельный кодекс Украины от 13.03.92г. № 2196-XII

37. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 roku w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi. Dz.U. 2002 Nr 165 poz.1359,appendix

38. Yuanan Hu, Xueping Liu, Jinme i Bai & Kai min Shih, Eddy Y. Zeng, Hefa Cheng Assessing heavy metal pollution in the surface soils of a region that had undergone three decades of intense industrialization and urbanization // Environmental Science and Pollution Research. – 2013, Volume 20, Issue 9, pp 6150–6159

39. Xudong Jiao, Yanguo Teng, Yanhong Zhan, Jin Wu, and Xueyu Lin Soil Heavy Metal Pollution and Risk Assessment in Shenyang Industrial District, Northeast China // Plos One. – 2015, Vol. 10 (5), doi:10.1371/journal.pone.0127736

40. Naglaa Farag Soliman, Samir Mahmoud Nasr and Mohamed Abdelaziz OkbahPotential ecological risk of heavy metals in sediments from the Mediterranean coast, Egypt //Journal of Environmental Health Science and Engineering – 2015, Vol. 13, doi:10.1186/s40201-015-0223-x

41. Maurizio BarbierThe Importance of Enrichment Factor (EF) and Geoaccumulation Index (Igeo) to Evaluate the Soil Contamination // Geology & Geophysics – 2016, Volume 5, Issue 1,ISSN:2381-8719 JGG, doi:10.4172/2381-8719.1000237

42. Казанцев, И. В.. Влияние железнодорожного транспорта на загрязнение и состояние почв. Символ науки, 2016, 4-3.

43. Казанцев И. В. Железнодорожный транспорт как источник загрязнения почв тяжелыми металлами // Самарский научный вестник. 2015. № 2 (11). С. 94-96.

44. Журавлева М.А., Зубрев Н.И., Кокин С.М. Загрязнение полосы отвода // Мир транспорта. 2012. Т.41. № 3. С. 112-118.

45. Казанцев И.В. Железнодорожный транспорт как источник загрязнения агроландшафтов тяжелыми металлами // Самарский научный вестник. 2014. № 2 (7). С. 41-43.

46. Устинова М.В., Зубрев Н.И., Аксёнов В.А. Утилизация золы от сжигания деревянных железнодорожных шпал в составе композитных систем // Наука и техника транспорта. 2011. № 4. С. 61-64.

47. Крошечкина И.Ю., Зубрев Н.И. Комплексная оценка загрязнений балластного слоя железнодорожного полотна // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс, 2014. № 1 (17). С. 100-102.

48. Теплякова Е.А., Бельков В.М. Загрязнение земель инфраструктуры // Путь и путевое хозяйство. 2013. №7.С.2-4.

49. Журавлева М.А., Зубрев Н.И. Загрязнение полосы отвода железной дороги в юго-восточном округе Москвы // Наука и техника транспорта. 2012. № 4. С. 80-87.

50. Журавлева М.А., Зубрев Н.И. Распределение тяжелых металлов в полосе отвода участка Покровско- Стрешнево - Ленинградская Рижского направления МЖД // Наука и техника транспорта. 2011. № 3. С. 25-32.

51. Макаров А.О., Бондаренко Е.В., Макаров О.А. Оценка ущерба / вреда от загрязнения и деградации почв и земель на территории железнодорожных объектов Москвы // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2014. № 1 (133). С. 27-30.

52. Тихонова Л.В., Тельминова О.В., Ларионова А.П. Накопление некоторых тяжелых металлов в почвах и растениях вблизи железной дороги // Вестник Курганского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2006. № 8. С. 106-108.

53. Карминский В. Д. Экологические проблемы и энергосбережение [Текст] / В. Д. Карминский, В. И. Колесников, Ю. А. Жданов и др. – М.: Маршрут, 2004. –592 с.

54. Зубрев Н. И. Охрана окружающей среды и экологическая безопасность на железнодорожном транспорте [текст] / Н. И. Зубрев. – М.: УМК МПС России, 1999. – 592 с.

55. Крутяков В. С. Охрана труда и основы экологии на железнодорожном транспорте и в транспортном строительстве [Текст] / В. С. Крутяков, А. А. Прохоров, Ю. Г. Сибаров – М.: Транспорт, 1993. – 352 с.

56. Sauerbeck D. Welche Schwermetallgehalte in Pflanzen dürfen nicht überschritten werden, um Wachstumsbeeinträchtigungen zu vermeiden? Landwirtschaftliche Forschung, Kongressband. 1982, S-N. 39.

57. Методика прогнозирования возможных деформаций земляного полотна на основе применения геолого-аналитического методов [Текст] – М.: Транспорт, 2005. – 48 с.

58. Свинцов, Е. С. Экологическое обоснование проектных решений [Текст] / Е. С. Свинцов, О. Б. Суровцева, М. В. Тишкина. – М.: Маршрут, 2006. – 302 с.

59. Коркина, С. В. Исследование выбросов подвижного состава железнодорожного транспорта по интенсивности загрязнения снежного покрова [Текст] / С. В. Коркина, Я. В. Акименко, В. М. Руцкий, П. П. Пурыгин // Вестник СамГУ – Самара: Изд-во госуниверситет – 2003. №2 – С.127-133.

60. Методика прогнозирования возможных деформаций земляного полотна на основе применения геолого-аналитического методов [Текст] – М.: Транспорт, 2005. – 48 с.

61. Крупенио, Н. Н. Управление природоохранной деятельностью на железнодорожном транспорте [Текст] / Н. Н. Крупенио. – М.: Маршрут, 2004. – 32 с.

62. Прохорова, Н. В. Тяжелые металлы в почвах административных районов Самарской области [Текст] / Н. В. Прохорова

// Вестник СамГУ. Специальный выпуск. – Самара: изд-во госуниверситет, 2002. – С. 183–187.

63. Цветкова, Н. Н. Результаты исследования микроэлементов в растениях лесных биогеоценозов степной Украины [Текст] / Н.Н. Цветкова // Вопросы степного лесоведения и охраны природы. - Днепропетровск, 1975. - С.77-85.

64. Шмутц Г. (G. Schmutz) и др. Баласт и баластный слой // Rail International.- 2000. - № 8.- С. 2-10.

65. Медведева В.М. Назначение и работа балластного слоя // Путь и путевое хозяйство. – 2002. - № 8. - С. 9 – 14.

66. ГОСТ 17.4.1.02-83 Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения [Текст]: Утвержден и введен в действие постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 17 декабря 1983 №6107 – М.: Изд-во стандартов, 1983 – 4с.

67. Арене, Л. Распространенность элементов в земной коре [Текст] / Л. Арене. – М.: Мир, 1972. – 274 с.

68. Рэуце, К. Борьба с загрязнением почвы [Текст] / К. Рэуце, С. Кырстя. – М.: Агропромдат, 1986. – 221 с.

69. Гапанович, В. А. (2013). На основе оптимизации стоимости жизненного цикла. Железнодорожный транспорт, (6-С), 26-34.

70. Золотых, С. Н. (2015). К проблеме повышения эксплуатационных характеристик подрельсовых конструкций. In Транспортный комплекс в регионах: опыт и перспективы организации движения (pp. 91-94).