

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

**СОРОКА МАКСИМ ЛЕОНІДОВИЧ**



УДК 504.064.4:658.567.1

**ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ  
УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ ПРИ ПОВОДЖЕННІ З ВІДХОДАМИ  
РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ**

Спеціальність 21.06.01 – Екологічна безпека

**АВТОРЕФЕРАТ**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Львів - 2019

Дисертацією є рукопис

Робота виконана у Дніпровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: доктор технічних наук, ст. наук. співробітник, доцент,  
**Зеленько Юлія Володимирівна,**  
Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, завідувачка кафедри «Хімія та інженерна екологія», м. Дніпро

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор  
**Челядин Любомир Іванович,**  
професор кафедри «Хімія» Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу, м. Івано-Франківськ

доктор технічних наук, доцент  
**Трохименко Ганна Григорівна**  
завідувачка кафедри «Екологія та природоохоронні технології» Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв

Захист відбудеться «11» жовтня 2019 р. о 12<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 35.052.22 у Національному університеті «Львівська політехніка» за адресою: 76057, м. Львів, вул. Генерала Чупринки, 130, аудиторія 105.

З дисертацією можна ознайомитися у науково-технічній бібліотеці Національного університету «Львівська політехніка» за адресою: 79013, Львів, вул. Професорська, 1.

Автореферат розісланий «07» вересня 2019 р.

Учений секретар  
спеціалізованої вченої ради К 35.052.22,  
канд. техн. наук, доцент



В. В. Сабадаш

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність роботи.** Проблема збору, накопичення та утилізації відходів урбанізованих територій загострюється з кожним роком. У цьому контексті екологічна безпека міських систем безпосередньо пов'язана з необхідністю вилучення та захоронення відходів, токсичним впливом їх компонентів на об'єкти довкілля та боротьбою з наслідками традиційних методів поводження з відходами. Особливе місце в межах міської системи займають сезонні органічні відходи у вигляді опалого листя, що утворюється та накопичуються в зонах зелених насаджень. Цей тип відходів має значний, проте досі недостатньо вивчений, ресурсний потенціал.

В умовах сталого розвитку важливим аспектом екологічної безпеки населених міст стають принципи раціонального природокористування – маловідходні технології, замкнуті цикли виробництва та утилізації, використання вторинної сировини. В останні роки в Україні й за кордоном зростає інтерес до використання опалого листя як потенційної сировини рослинного походження. Інтенсивно впроваджуються технології утилізації цього виду відходів у органічні добрива, ґрунтові меліорати, тверде альтернативне паливо тощо. Щорічний дебіт утворення цих відходів у межах великих міст оцінюється десятками тисяч тон. Водночас майже всю масу опалого листя утилізують шляхом захоронення на полігонах твердих побутових відходів або несанкціонованого спалювання. Отже, питання раціонального поводження з відходами у вигляді опалого листя залишається відкритим, а пошук і раціоналізація технологій їх утилізації – актуальним завданням екологічної безпеки урбанізованих територій населених міст України.

З огляду на зазначене, актуальними з наукової та практичної точок зору є дослідження впливу на довкілля традиційних шляхів утилізації опалого листя зон зелених насаджень міст, розробка нових технологій раціонального поводження з цим видом відходів та широкого спектру матеріалів на основі цих органічних відходів.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота відповідає науковому напрямку кафедри «Хімія та інженерна екологія» Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (ДНУЗТ) і виконувалась в межах науково-дослідних робіт «Розробка ресурсозберігаючих технологій для захисту елементів інфраструктури від природних та техногенних впливів» (НДР 0112U003557) «Дослідження шляхів утилізації опалого листя у виробництві будівельних матеріалів та композицій» (НДР 0117U007407), «Визначення кількісних характеристик вмісту та оцінка залишкових концентрацій забруднювальних речовин у ґрунті, знятому внаслідок ліквідації аварійного розливу сирої нафти на місці транспортної події по станції Городище» (НДР 0117U007408).

**Мета та завдання дослідження.** Метою дисертаційної роботи є підвищення екологічної безпеки урбанізованих територій шляхом раціонального поводження з відходами рослинного походження на прикладі

опалого листа, а також обґрунтування та дослідження нових технологій утилізації цього виду відходів у різних галузях промисловості України.

Для досягнення поставленої мети дисертаційної роботи необхідно виконати такі завдання:

- провести оцінку екологічної безпеки традиційних способів поводження з рослинними відходами урбанізованих територій на прикладі відходів у вигляді опалого листа;

- експериментально дослідити фізико-хімічні та еколого-токсикологічні властивості опалого листа, які зумовлюють екологічну небезпеку традиційних способів поводження з цим видом відходів;

- обґрунтувати можливість використання опалого листа у виробництві будівельних матеріалів різного призначення на основі гіпсового в'язучого;

- дослідити ефективність використання опалого листа та сорбентів на його основі для захисту довкілля від аварійного та технологічного забруднення нафтопродуктами;

- розробити нову технологічну схему локалізації та збору розлитих нафтопродуктів на транспорті, адаптовану до умов урбанізованих територій, та можливості використання альтернативних сорбентів на основі опалого листа.

**Об'єкт дослідження** - екологічно безпечні технології поводження з відходами у вигляді опалого листа зон зелених насаджень урбанізованих територій та їх раціональне використання з метою попередження забруднення навколишнього середовища та негативного впливу на здоров'я людини.

**Предмет дослідження** - властивості сезонних відходів рослинного походження у вигляді опалого листа зон зелених насаджень урбанізованих територій та процеси використання цього виду відходів як вторинної сировини для виробництва будівельних матеріалів та сорбентів нафтопродуктів.

**Методи досліджень.** Для дослідження складу та властивостей опалого листа, параметрів сорбентів та будівельних матеріалів на їх основі використані методи хімічного та фізико-хімічного аналізу (фотоколориметрія, потенціометрія, атомно-адсорбційна спектрометрія, гравіметрія), а також методи деформаційних механічних випробувань. Для реалізації первинного та вторинного статистичного аналізу результатів вимірювань, перевірки гіпотез та адекватності отриманих моделей використано математичне програмування в пакеті MS Excel та STATISTICA. Єдність та простежуваність отриманих результатів вимірювань забезпечена використанням повірених засобів вимірювальної техніки лабораторії з підтвердженою технічною компетентністю на відповідність вимог ДСТУ ISO 10012:2015.

### **Наукова новизна одержаних результатів.**

1. Вперше проведена кількісна оцінка емісії забруднювальних речовин від місць спалювання опалого листа, що дозволило визначити рівень екологічного впливу на стан, якість та санітарно-екологічну безпеку атмосферного повітря урбанізованих територій.

2. Вперше за результатами багаторічних експериментальних спостережень підтверджений рівень екологічної небезпеки опалого листа міста

Дніпро, що дозволило обґрунтовано встановити клас небезпеки цих відходів та оцінити придатність використання як вторинної сировини.

3. Вперше досліджений вплив видового походження, вмісту та фракційного складу опалого листя на експлуатаційні показники гіпсових будівельних матеріалів, що дало можливість обґрунтувати новий шлях утилізації цього виду відходів.

4. Отримало подальший розвиток дослідження залежності між показниками сорбційної ємності опалого листя до спектру нафтопродуктів та чинниками видового походження, фракційного складу, вологості та часу контакту із сорбатом, що дозволило обґрунтувати можливість використання опалого листя та сорбентів на його основі для цілей збору та ліквідації аварійних розливів нафтопродуктів.

5. Отримало подальший розвиток дослідження чинників, що впливають на поширення в довкіллі аварійних емісій нафтопродуктів у транспортних системах урбанізованих територій, що дало можливість обґрунтувати нову технологію ліквідації аварійних розливів нафтопродуктів із превентивним накопиченням матеріалів у зоні локалізації розливу.

**Практичне значення одержаних результатів.** Проведена класифікація опалого листя за рівнем потенційного впливу на довкілля та обґрунтовані екологічно безпечні шляхи поводження з цим видом відходів урбанізованих територій (Впроваджено в діяльність НВП «Екоплюс», технічний акт № А/211 від 18.12.2018 р.). Запропоновано спосіб використання опалого листя як інертного наповнювача гіпсових будівельних матеріалів та композитів. Встановлена базова модель, що описує залежність міцності та щільності запропонованих гіпсових будівельних матеріалів від вмісту та фракції опалого листя в композиті (Передано до впровадження ТОВ «ДБК», акт № 107 від 12.12.2017 р.). Розроблено гравіметричну методику виконання вимірювань поглинальної здатності сорбентів нафтопродуктів (Повідомлення міжлабораторного випробування ПП НВЦ «Техноекос» № 1-49-1/01-19 від 30.01.2019 р.). Запропоновано альтернативний сорбент нафтопродуктів на основі опалого листя та його композицій з відходами целюлозно-паперового виробництва. Розроблено технологію та технічні пристрої для превентивного накопичення сорбентів у зоні виникнення та первинної локалізації розливів нафтопродуктів. (Впроваджено в діяльність ГНДЛ «ОНС» ДНУЗТ, акт від 11.01.2019 р.). Наукові та практичні результати дисертаційної роботи впроваджено в навчальний процес лекційних та практичних курсів дисциплін «Утилізація та рекуперація відходів», «Екологічна безпека» та «Екологія міських систем», які викладаються кафедрою «Хімія та інженерна екологія» ДНУЗТ (акт впровадження ДНУЗТ від 11.01.2019 р.).

Отримані результати дисертаційного дослідження рекомендовані до використання під час планування політики раціонального поводження та утилізації опалого листя урбанізованих територій.

**Особистий внесок здобувача** полягає в опрацюванні літературних джерел за темою дисертаційного дослідження, розробці, калібруванні та валідації методик виконання вимірювань, отриманні результатів

експериментальних досліджень, їх систематизації, первинному і вторинному статистичному аналізу та узагальненні. Усі наукові ідеї, положення й результати теоретичних та експериментальних досліджень дисертації розроблені, сформульовані та отримані особисто автором у період із 2010 до 2018 років. Теоретичні узагальнення математичних моделей, аналіз та інтерпретація отриманих даних, висновки до роботи виконані безпосередньо здобувачем. Постановка завдань, їх обговорення та формування висновків виконано спільно з науковим керівником. У спільних публікаціях внесок автора є основним.

**Апробація матеріалів дисертації.** Основні результати досліджень, а також положення наукової та практичної новизни, пройшли апробацію в рамках всеукраїнських та міжнародних наукових та науково-технічних конференцій: «Наукова весна» (2019, 2018 та 2015 рр., м. Дніпро); «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (2018 р., м. Дніпро), Перспективи взаємодії залізниць та промислових підприємств (2017 р., м. Дніпро), «Екологічні проблеми промислових регіонів» (2014 р., м. Рубіжне), «Nauka dzis: teoria, metodologia, praktyka» (2013 р., м. Вроцлав), «Achievement of high school» (2013 р., м. Софія), «Veda a vznik – 2013/2014» (2014 р., м. Прага), «Badania naukowe naszych czasow» (2013 р., м. Котовіце), «Северная пальмира» (2013 р., м. Санкт-Петербург), «Экология, рациональное природопользование и охрана окружающей среды» (2013 р., м. Лісосибірськ), «Зеленая химия» (2012 р., м. Самарканд), «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці» (2011 р., м. Миколаїв).

**Публікації.** Основні положення наукової та практичної новизни опубліковано у 27 наукових працях, у тому числі: 1 монографія у вигляді звіту, опублікованого в країнах ЄС, 7 статей у наукових фахових виданнях України, з них 2 у виданнях, що включені до міжнародних науково-метричних баз, 15 тез та матеріалів доповідей на науково-технічних конференціях, 4 публікацій в інших виданнях, з них 2 патенти на винахід України.

**Структура та обсяг роботи.** Дисертаційна робота складається зі вступу, 6 розділів, висновків, списку використаних літературних джерел та додатків. Матеріали дисертаційної роботи викладено на 193 сторінках машинописного тексту, з яких 124 сторінки основної частини дисертації, ілюстровано 28 рисунками, текст містить 30 таблиць, список використаних джерел налічує 189 найменувань. Дисертація містить 6 додатків.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність проблеми, що вирішується у дисертаційній роботі, сформульовано мету та завдання дослідження, наведено наукову новизну, практичне значення одержаних результатів, а також відомості щодо апробації результатів дослідження.

У першому розділі проведено оцінку екологічної безпеки традиційних способів поводження з рослинними відходами урбанізованих територій на прикладі відходів у вигляді опалого листа. Для виконання цього завдання проаналізовано вітчизняний та міжнародний досвід поводження з опалим листям. У розділі висвітлені екологічні, технологічні та правові особливості

традиційних та інноваційних шляхів поводження з опалим листям. Узагальнені практики використання опалого листя – як сировини рослинного походження.

Встановлено, що опале листя має подвійну природу - продукт життєдіяльності урбанізованого ландшафту та відходи, що потребують збору та утилізації. Наразі відсутня нормативна класифікація та еколого-гігієнічна оцінка опалого листя як відходу. Можливі шляхи раціонального поводження з опалим листям ґрунтуються на його походженні, вмісті целюлози та рівні антропогенного забруднення.

**У другому розділі** наведена характеристика об'єктів та методів дослідження, встановлені класифікаційні ознаки, які обумовлюють властивості опалого листя та шляхи їх потенційного використання як вторинної сировини. Для експериментальних досліджень використані проби опалого листя, відібрані за програмами ДСТУ ISO 10381-2:2004 та ДСТУ 4287-2004 на території різних зон зелених насаджень міста Дніпро. Усереднення в місцях відбору проб виконано методом квартування для площі квадрата від 100 м<sup>2</sup>.

Для дослідження впливу несанкціонованого спалювання опалого листя на стан та якість атмосферного повітря використані методи титриметрії, та колориметрії згідно стандартизованих методик збірника РД 52.04.186-89 та серії МУК 4.1 (оксиди азоту, оксиди вуглецю, ангідрид сірчистий, кетони, ацетати, альдегіди, феноли, фурфурол).

Дослідження вмісту важких металів у пробах опалого листя виконано методами атомно-адсорбційної спектроскопії у валових та рухомих (ацетатних та водорозчинних) формах. Мінералізація проб опалого листя для аналізу виконана за настановами ДСТУ 4770 та МВВ 31-497058-015-2003. Атомізація робочих розчинів виконана в полум'ї ацетилен-повітряної суміші на атомізаторі спектрофотометра ААС-115М з використанням лампи з порожнистим катодом на відповідний метал згідно стандартизованих методик виконання вимірювань серії МВВ 081/12 (вміст різних форм сполук важких металів). Гігроскопічні вологість визначена згідно ДСТУ ISO 11465-2001 та МВВ 081/12-0785-11.

Для дослідження сорбційних властивостей опалого листя та інших відходів по відношенню до спектру вуглеводнів та нафтопродуктів використана оригінальна гравіметрична методика, яка пройшла процедуру валідації згідно ISO 5725.

Для експериментального контролю експлуатаційних показників будівельного матеріалу (границя міцності при стисканні та на вигін, щільність) на основі опалого листя використані методи механічних випродувань згідно стандартизованих методик ДСТУ Б В.2.7-111-2001 та ДСТУ Б В.2.7-82-99.

**У третьому розділі** експериментально досліджені фізико-хімічні та еколого-токсикологічні властивості опалого листя, які обумовлюють екологічну небезпеку традиційних способів поводження з цим видом відходів.

Для оцінки впливу несанкціонованого спалювання опалого листя на стан атмосферного повітря поставлений модельний експеримент у форматі модельного спалювання опалого листя (маса 250±5 кг) з паралельним вимірювання вмісту забруднювальних речовин у приземному шарі атмосфери на відстані 5 м та 30 м від місця спалювання. Для оцінки рівня санітарно-

екологічної небезпеки використані індивідуальні (СІЗА) та групові (КІЗА) стандартні індекси забруднення атмосферного повітря (табл. 1). Для обчислення показників СІЗА та КІЗА використані середні значення двох паралельних вимірювань трьох об'єднаних проб (по 20 хв. кожна) у стадіях розпалювання, горіння та тління опалого листя.

Таблиця 1 - Індекс забруднення атмосфери у приземному шарі атмосфери в зоні впливу від місць спалювання опалого листя

Критерій порівняння	Відстань від джерела викиду		
	5 м	30 м	
	ГДК м.р.	ГДК м.р.	ГДК с.д.
Забруднювальна речовина	Стандартний індекс забруднення СІЗАі		
Азоту діоксид	5,12	3,50	17,50
Ацетон та інші кетони	1,08	0,86	0,83
Вуглецю оксид	1,15	0,86	1,43
Оцтова кислота та оцтовий ангідрид	3,46	2,53	8,44
Суспендовані речовини	1,53	1,33	4,42
Ангідрид сірчистий	0,70	0,59	5,93
Фенол та його похідні	0,87	0,60	2,00
Фурфурол	0,69	0,40	0,40
Розрахункові індекси			
СІЗА <sub>Σ</sub>	14,6	10,67	40,95
КІЗА <sub>3</sub>	13,31	8,96	55,68
КІЗА <sub>5</sub>	15,52	10,67	63,95

За результатами випробувань встановлено, що місця неконтрольованого спалювання опалого листя є джерелами понаднормативного викиду суспендованих речовин, оксидів азоту та вуглецю, ангідриду сірчистого, фенолу та його похідних, суспендованих речовин, оцтової кислоти та оцтового ангідриду. Вміст речовин в об'єднаній пробі атмосферного повітря залежить як від відстані від джерела утворення викиду, так і від часу відбору проби. Найбільша емісія суспендованих речовин спостерігається для періоду розпалювання. Найбільша емісія інших забруднювальних речовин характерна для періоду основного горіння опалого листя. У безпосередній близькості до місць спалювання показник КІЗА сягає 13...15 од., що характеризує небезпечний ризик навіть у випадку короткострокової експозиції на органи дихання людини.

Для комплексної оцінки впливу опалого листя (як відходів рослинного походження) на навколишнє природне середовище використаний критерій санітарно-екологічної безпеки згідно ДСанПіН 2.2.7.029-99 – загальний індекс небезпеки відходу К<sub>Σ</sub>(в). У третьому розділі дисертаційної роботи представлені результати багаторічного моніторингу вмісту валових та міграційних форм сполук важких металів в пробах опалого листя різних зон зелених насаджень міста Дніпро, а саме: паркових, прибудинкових територій житлових масивів, поблизу транспортних магістралей.



За результатами багаторічного моніторингу (рис. 1) встановлено, що опале листя у місцях утворення та первинного накопичення відноситься до малонебезпечних відходів IV класу небезпеки та може бути використане як вторинної сировини. Сумарний індекс небезпеки  $K_{\Sigma}(в)$  для опалого листя зменшується в ряді «паркові зони» – «житлова забудова» – «транспортні магістралі». У складі опалого листя міста Дніпро міститься група сполук важких металів у концентраціях, що не перевищують відповідні значення ГДК валового вмісту у ґрунтах. Вміст сполук важких металів визначається місцем первинного накопичення опалого листя. Санітарно-екологічна небезпека опалого листя міста Дніпро визначається підвищеним вмістом сполук Fe, Cu, Ni (для паркових зон) та Zn (для зон поблизу транспортних магістралей).

Для оцінки вмісту сполук важких металів у поверхневому забрудненні опалого листя використаний показник залишкового вмісту  $K_{пов}$  – відношення вмісту сполук у опалому листі до та після відмивання.

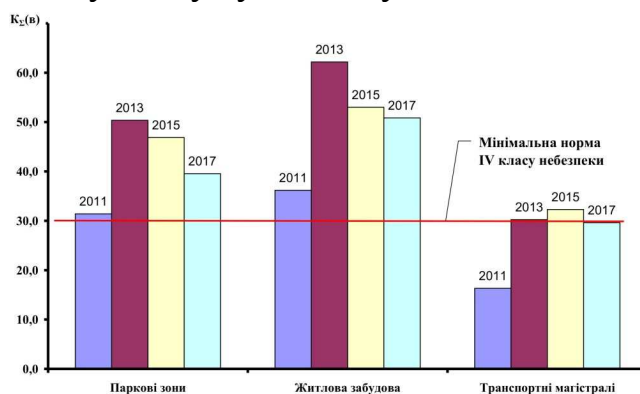


Рисунок 1 – Діаграма зміни розрахункового коефіцієнту класу небезпеки опалого листя різних зон зелених насаджень (за результатами багаторічних спостережень)

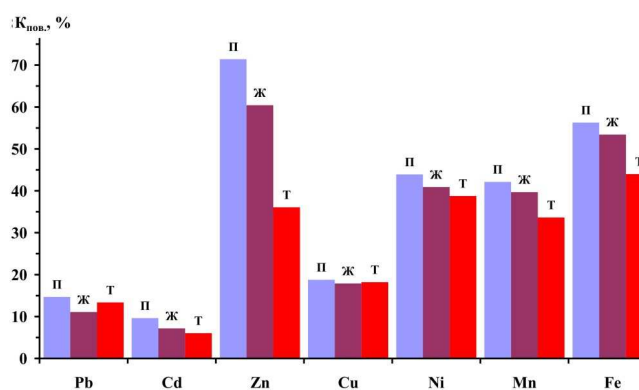


Рисунок 2 – Діаграма залежності поверхневого забруднення опалого листя різних зон зелених насаджень Місця відбору проб: П – паркові зони; Ж – прибудинкові території житлових масивів, Т – зони поблизу транспортних магістралей

За результатами експерименту (рис. 2) встановлено, що поверхнєве забруднення опалого листя сполуками Fe, Mn Zn сягає 50...65 % від початкового валового вмісту, Cu – 80...85 %, Pb та Cd – 90...95 %. Залишковий вміст частково залежить від типу зон зелених насаджень – найбільше для зон поблизу транспортних магістралей. Сполуки кадмію, свинцю та міді опалим листям не накопичуються та знаходяться у міграційних формах, на відміну від сполук цинку, заліза, нікелю та мангану. Отже, природна запиленість відходів надає домінуючий вплив на рівень їх еколого-токсикологічної безпеки.

У четвертому розділі представлено науково-технічне обґрунтування можливості використання опалого листя у виробництві гіпсових будівельних матеріалів та композицій.

З метою комплексної утилізації опалого листя запропоновано використати ці відходи як інертний наповнювач будівельних матеріалів, зокрема на основі гіпсового в'язучого. Для оцінки цієї можливості згідно методики ДСТУ Б В.2.7-111-2001 складено гіпсові композиції стандартної

консистенції з вмістом опалого листя від 5,0 % до 20 % ваги сухої суміші. Для виготовлення початкової суміші гіпсового композиту використане опале листя фракцією від 1,0 мм до 8,0 мм різного видового походження. Загальний вид зламу зразка-балочки будівельного матеріалу наведено на рис. 3.



Рис. 3 - Зовнішній вигляд зламу зразка гіпсового будівельного матеріалу на основі опалого листя

Ефективність утилізації опалого листя визначалась експлуатаційними показниками гіпсових плит на основі модельних сумішей за такими критеріями: границя міцності при стисканні  $R_c$  у МПа, границя міцності на розтяг при вигині  $R_3$  у МПа, щільність зразків  $P_o$  у  $\text{кг/м}^3$ . Аналіз масиву результатів випробувань виявив, що за умови збільшення вмісту опалого листя від 5,0 % до 20 % ваги границя міцності при стисканні зменшується у середньому в 3...4 рази, границя міцності на розтяг при вигині

зменшується у середньому в 2...3 рази, в той час як щільність композитного матеріалу зменшується на 20 %. Найбільший вплив вмісту опалого листя у композитному матеріалі демонструють зразки з додаванням опалого листя фракцією більше 3,0 мм.

Дисперсійний аналіз (табл. 2) показав, що фактор видового походження є незначним у порівнянні з іншими факторами, та за вибіркоким коефіцієнтом детермінації  $\eta^2$  впливає на мінімальну кількість отриманих результатів вимірювань: 2,2 % для показника  $R_c$ , 3,4 % для показника  $R_3$  та 5,6 % для показника  $P_o$ .

Таблиця 2 - Результати дисперсійного аналізу

№	Фактор аналізу опалого листя	$R_c$			$R_3$			$P_o$		
		$F$	$F_K$	$\eta^2$	$F$	$F_K$	$\eta^2$	$F$	$F_K$	$\eta^2$
1	Вміст	819,6	2,56	89,52	1145	2,56	87,08	441,8	2,56	76,88
2	Фракція	62,92	2,56	6,87	111,6	2,56	8,49	87,95	2,56	15,30
3	Видове походження	5,12	1,85	2,24	11,45	1,85	3,48	8,10	1,85	5,64

Для пошуку оптимальної рецептури гіпсової суміші проведено нормалізований аналіз та побудовано поверхні розподілу показників міцності від факторів фракції та вмісту опалого листя (рис. 4 та 5).

Для пошуку функціонального зв'язку експлуатаційних параметрів ( $R_c$ ,  $R_3$  та  $P_o$ ) від вмісту та фракцією опалого листя проведено багатофакторний регресійний аналіз. За результатами аналізу побудовано статистичні моделі:

$$R_c = -4,18907 \cdot x_1 - 3,18056 \cdot x_2 + 72,23469,$$

$$R_3 = 0,06303 \cdot x_2^2 - 2,81791 \cdot x_1 - 2,55224 \cdot x_2 + 40,17997,$$

$$P_o = 24,32 \cdot x_1^2 - 5,16 \cdot x_1 \cdot x_2 - 249,67 \cdot x_1 - 85,55 \cdot x_2 + 10783,64,$$

де:  $x_1$  – середнє значення фракції опалого листя, мм;  
 $x_2$  – вміст опалого листя у вихідній гіпсовій суміші, % ваги.

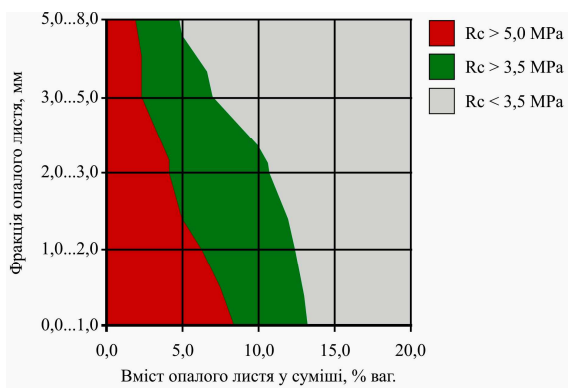


Рис. 4 - Нормалізована поверхня  
 границі міцності при стисканні

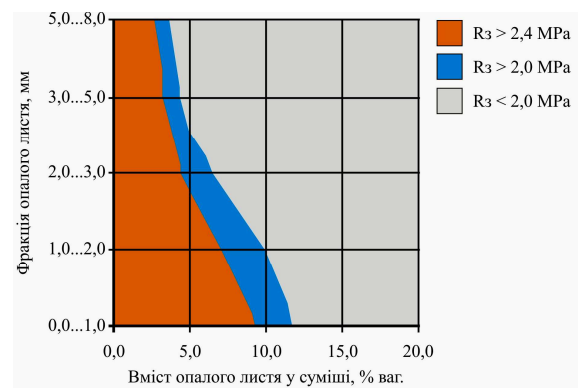


Рис. 5 - Нормалізована поверхня  
 границі міцності на розтяг при вигині

Результати експериментальної частини роботи доводять можливість використання подрібненого опалого листя як інертного заповнювача гіпсових будівельних матеріалів та виробів. Експлуатаційні показники отриманих сумішей для гіпсових плит відповідають нормативним значенням для вмісту опалого листя до 10 % ваг. сухої суміші. Оптимізація складу гіпсового тіста на основі отриманих статистичних моделей дозволяє зменшити гіпсоємкість виробництва до 28 % та собівартість до 16 %.

У п'ятому розділі представлено наукове обґрунтування можливості використання опалого листя та сорбентів на його основі для цілей збору та локалізації розливів нафтопродуктів.

Вибір використання опалого листя для виробництва сорбентів нафтопродуктів пояснюється такими факторами: високий вміст целюлози, мезопориста та капілярна структура, територіальна поширеність, великий дебіт утворення, низька собівартість та відсутність промислового використання. Отримані зразки опалого листя вивчені на предмет специфічних сорбційних властивостей за такими експлуатаційними показниками:

- максимальна поглинальна здатність сорбенту ( $P$ , г/г);
- час насичення до показника 80 % від максимальної поглинальної здатності ( $P_{80}$ , хв.);
- залежність показника поглинальної здатності сорбенту від його гігроскопічного зволоження та перезволоження ( $P(w)$ , г/г).

Результати дослідження показників  $P$  і  $P_{80}$  для зразків відходів різного видового походження наведені у табл. 3. Сорбатами обрані речовини з переліку вантажів третього класу небезпеки, які характеризуються найбільшим ризиком виникнення аварійного розливу на транспорті, серед яких: бензол (А), ксилол (Б), гексан (В), бензин марки А-92 (Г), дизельне паливо марки Л (Д), олива марки М-8-В (Е). За результатами експериментальних досліджень встановлено, що опале листя демонструє виражені сорбційні властивості по відношенню до широкого спектру нафтопродуктів. Найбільші значення  $P$  характерні для сорбату високої в'язкості та опалого листя каштану, липи та в'язу.

Таблиця 3 – Сорбційні властивості опалого листя

Видове походження опалою листя	$P$ (г/г) у чисельнику, $P_{80}$ (хв.) у дужках					
	Сорбат:					
	А	Б	В	Г	Д	Е
Каштан	4,64 (2,3)	3,51 (2,1)	2,23 (2,5)	2,00 (3,0)	2,55 (3,6)	2,45 (5,7)
Липа	4,61 (2,4)	3,46 (2,2)	2,15 (2,5)	2,00 (3,2)	2,43 (3,6)	2,55 (6,0)
Робінія	4,05 (1,9)	3,02 (1,8)	2,03 (2,0)	1,87 (2,4)	2,13 (2,9)	2,06 (4,8)
В'яз	4,48 (1,9)	3,05 (1,9)	2,07 (2,0)	1,91 (2,5)	2,25 (3,0)	2,15 (5,0)
Клен	4,50 (2,2)	3,10 (2,0)	2,10 (2,5)	1,95 (2,8)	2,35 (3,5)	2,48 (4,2)
Тополя	4,00 (2,8)	3,00 (2,6)	2,10 (3,2)	1,75 (3,7)	1,95 (4,6)	1,85 (6,0)
Середнє значення	4,38 (2,2)	3,19 (2,1)	2,11 (2,4)	1,91 (2,9)	2,27 (3,5)	2,25 (5,2)

Ефективний час насичення  $P_{80}$  опалого листя органічними розчинниками не перевищує 2,5 хв., нафтопродуктами до 6,0 хв. Статистичний аналіз підтверджує репрезентативність отриманих результатів на рівні 7,0...10,0 % розширеного діапазону невизначеності. Як базові коефіцієнти витрати опалого листя для локалізації і ліквідації розливів нафтопродуктів рекомендовано використовувати середні значення  $P$  (табл. 3).

Залежність показника  $P$  від гігроскопічного зволоження та перезволоження сорбенту ( $w$ ) представлений на рис. 6 у вигляді кривих апроксимації для кожного сорбата. Встановлено, що опале листя не демонструє гідрофобність, достатню для цільового використання в умовах підвищеної вологості навколишнього середовища у системах «нафтопродукт-вода».

Враховуючи сезонну природу утворення опалого листя у п'ятому розділі досліджено вплив умов довгострокового зберігання на сорбційні властивості опалого листя. На рис. 7 наведено результати дослідження впливу умов довгострокового зберігання на показники поглинальної здатності.

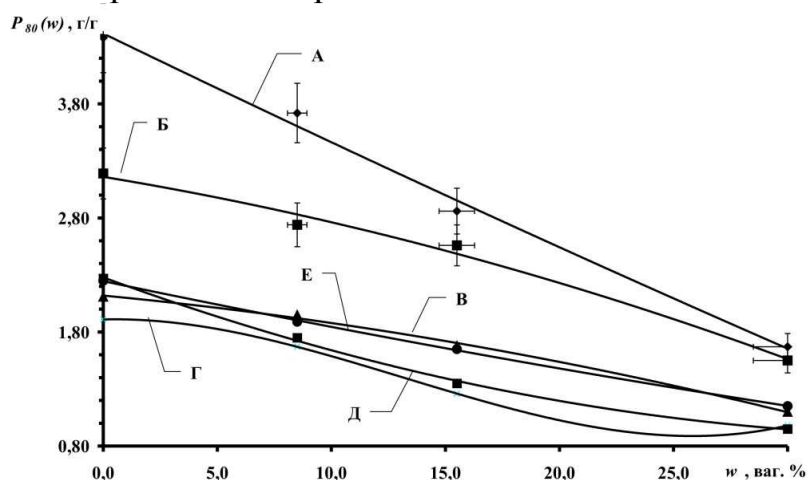


Рис. 6 - Апроксимація залежності впливу відносної вологості опалого листя на його сорбційні показники до спектра нафтопродуктів

Встановлено (рис. 7), що біологічна деструкція опалого листя у природних умовах зменшує його сорбційні властивості на більше ніж 75 % від початкових значень. Зменшення показників поглинальної здатності стимулюються надлишковою вологістю відходів та високою температурою у весняно-літній період..

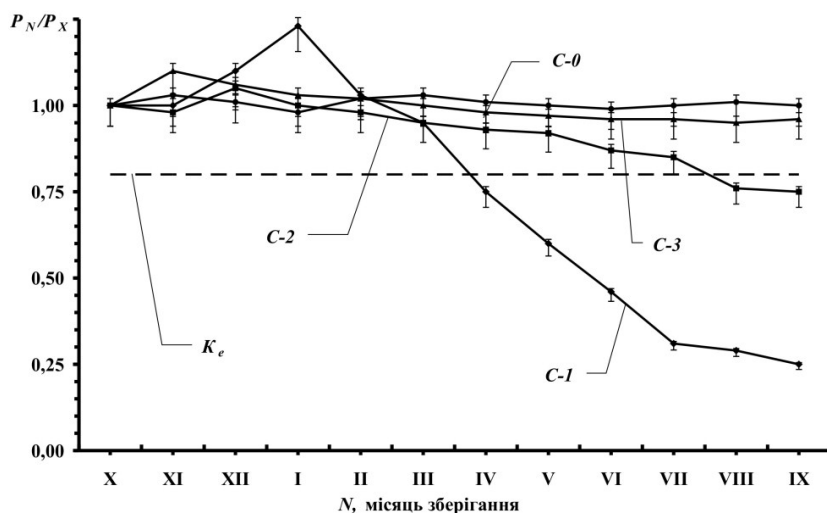


Рис. 7 - Вплив умов довгострокового зберігання на експлуатаційні показники сорбентів на основі опалого листя:

*C-0* – контрольний сценарій зберігання, *C-1* – зберігання у відвалі у природних умовах, *C-2* – зберігання у відвалі під навісом, *C-3* – зберігання у мішках у складському приміщенні,  $K_e$  – межа на рівні 80 % від початкового значення показника  $P_X$ , маркерами позначено дисперсії показників

Для довгострокового зберігання опалого листя необхідно забезпечити захист від атмосферних опадів та гігроскопічного зволоження. Додатково у п'ятому розділі представлено результати дослідження кінетики насичення опалого листя нафтопродуктами та порівняння його сорбційних властивостей з іншими відходами виробництва та споживання, які широко застосовуються для ліквідації розливів нафтопродуктів.

**Шостий розділ** присвячено дослідженню технологій та розробці пристроїв для використання отриманих сорбентів з метою локалізації та збору розливів нафтопродуктів на залізничному транспорті.

Характер обсягу емісії нафтопродуктів, неможливість доставки ліквідаційних матеріалів через дезорганізацію руху, конфлікт логістичних та природоохоронних інтересів, дефіцит часу на проведення ліквідаційних заходів – все це обґрунтовує необхідність розробки нового підходу до ліквідації розливів нафтопродуктів у складних умовах урбанізованих територій. Для реалізації превентивного накопичення розроблена технологічна схема (рис. 8), яка передбачає такі етапи: попереднє накопичення ліквідаційних матеріалів, превентивне розміщення накопичених сорбентів на вагоні-цистерні, цільове використання накопичених сорбентів у разі виникнення технологічного або аварійного розливу небезпечного вантажу, транспортування насичених сорбентів на утилізацію.

Для реалізації запропонованої технологічної схеми розроблена конструкція спеціальних пристроїв (рис. 9), здатних накопичувати сорбенти нафтопродуктів у стаціонарних футлярах на котлі цистерни.

Результати техніко-економічного порівняння (табл. 4) свідчать, що для повного поглинання однієї стандартної цистерни нафтопродуктів необхідно 30...65 сорбційних патронів з альтернативним наповнювачем (сорбент на основі опалого листя). Враховуючи стандартну довжину вантажного поїзда та максимальну зміну навантаження на одну вісь цистерни запропонована технологія є ефективною та можливою до впровадження.

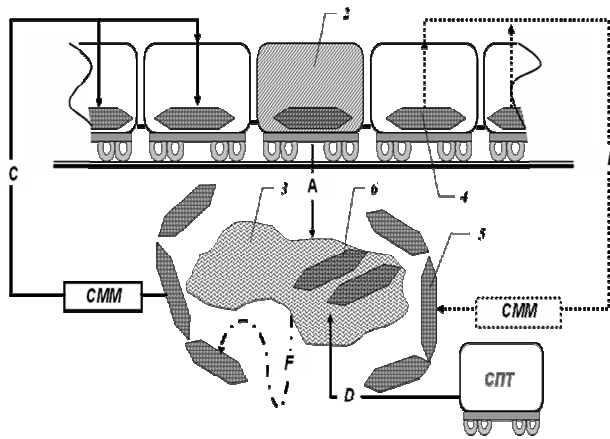


Рис. 8 – Принципова схема ліквідації розливу нафтопродуктів з превентивним накопиченням сорбентів у зоні локалізації розливу

1 - неушкоджені цистерни в складі поїзда, 2 - пошкоджена цистерна, джерело емісії нафтопродуктів в навколишнє середовище, 3 - зона локалізації розливу нафтопродуктів, 4 - сорбційні патрони на вагон-цистернах, 5 - бар'єр або фільтруюча гребля, складена з групи сорбційних патронів, 6 - зона локалізації розливу нафтопродуктів, СММ - засоби малої механізації, СПТ - засоби пожежегасіння

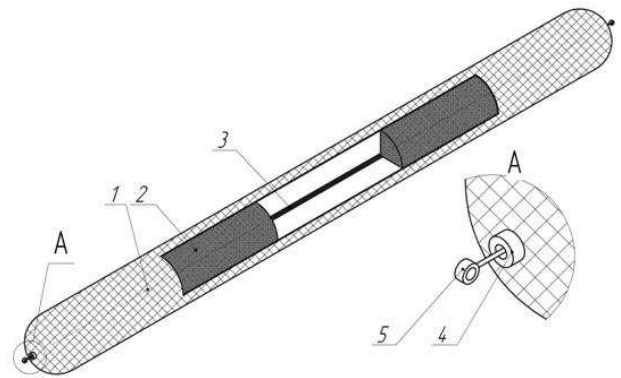


Рис. 9 - Конструкція сорбційного патрону

1 – сітчастий мішок, 2 – сорбент, 3 – центральний стержень, 4 – фіксатори мішку, 5 – маніпуляційні кільця

Таблиця 4 – Результати техніко-економічного порівняння

Сорбент для превентивного накопичення	Вугілля марки БАУ	Сорбент з опалого листа	Тирса деревини
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Вага сорбційного патрону (брутто), т	0,11	0,13	0,14
Розрахункова вага сорбенту, т	0,15	0,2	0,22
Розрахункова поглинальна здатність, т/т	5,8	2,4	1,2
Розрахункова здатність сорбційного патрону до поглинання нафтопродукту, т	0,88	0,48	0,26
Собівартість сорбенту, тис. грн./т	10,00	1,98	0,53
Капітальні витрати на сорбент, грн./т	1500,0	320,2	116,6
Капітальні витрати на сорбційний патрон та пристрій для його транспортування, грн.	10310,00		
Питомі капітальні витрати на ліквідацію розливу небезпечного вантажу, грн./т	1704,54	667,08	448,46
Розрахункова кількість сорбційних патронів, необхідних для ліквідації розливу (30 т)	34	63	115
Розрахункові питомі капітальні витрати на організацію ліквідації (30 т), тис. грн./т	24,11	43,44	79,11
Розрахункове питоме збільшення навантаження на вісь цистерни, т/вісь	0,21	0,24	0,24

## ВИСНОВКИ

За результатами дисертаційної роботи вирішено важливе науково-практичне завдання – підвищення рівня екологічно безпеки урбанізованих територій шляхом раціонального поводження з відходами рослинного походження на прикладі опалого листя зон зелених насаджень міста Дніпро.

Узагальнюючи результати теоретичних та експериментальних досліджень одержані такі основні наукові та практичні результати:

1. Проведено аналіз традиційних схем поводження з опалим листям – як специфічним відходом урбанізованих територій. Встановлено, що відсутність нормативної класифікації та ідентифікації стримує впровадження нових та раціональних способів поводження з цим видом відходів.

2. Проведено оцінку впливу традиційних способів поводження з опалим листям на стан та якість навколишнього середовища урбанізованих територій. Встановлено, що спалювання опалого листя локально збільшує комплексний індекс забруднення атмосфери на 10...15 пунктів до рівня, небезпечного навіть в умовах короткострокової експозиції на органи дихання людини.

3. Встановлено, що екологічна небезпека спалювання опалого листя формується викидами азоту діоксиду, ангідриду оцтової кислоти, суспендованих речовин та сірчистого ангідриду, та залежить від відстані до джерела та часу від початку спалювання опалого листя.

4. Проведено комплексне дослідження вмісту сполук важких металів у опалому листі різних типів зон зелених насаджень. За результатами багаторічних спостережень встановлено, що опале листя за санітарно-гігієнічними показниками є малонебезпечними відходами IV класу небезпеки та може бути використане як вторинна сировина. Сумарний індекс небезпеки цих відходів складає 30...65 одиниць та залежить від рівня антропогенного навантаження на атмосферне повітря в зоні утворення опалого листя.

5. Експериментально встановлено, що вміст Fe, Mn, Zn у опалому листі міста Дніпро на 50...65 % пов'язаний із його поверхневим забрудненням (для сполук Cu, Pb та Cd – на 80...95 %). Опале листя з зон зелених насаджень промислових об'єктів може бути використано як вторинна сировина після попереднього промивання.

6. Експериментально доведена можливість та ефективність використання опалого листя як інертного наповнювача будівельних матеріалів різного призначення на основі гіпсового в'язучого. Вміст 7,5...12,5 % ваг. опалого листя фракції 1,0...3,0 мм у гіпсовій суміші забезпечує нормативні показники гіпсового композиту на рівні понад 3,5 МПа границі міцності при стисканні та понад 2,0 МПа границі міцності при згині.

7. За результатами серійних випробувань створена модель для прогнозування показників міцності та щільності гіпсових композитів на основі опалого листя. Встановлено, що експлуатаційні показники запропонованого матеріалу не залежать від видового походження опалого листя. Оптимізація складу гіпсової суміші дозволяє забезпечити до 28 % ресурсозбереження гіпсу

під час виробництва будівельного матеріалу завдяки зменшення щільності на 7,0...20,0 %.

8. Проведено комплексну оцінку ефективності використання опалого листя та сорбентів на його основі для збору та ліквідації розливів нафтопродуктів. Встановлено, що ці відходи мають сорбційні властивості до широкого спектру нафтопродуктів на рівні 1,8...4,6 г/г в залежності від типу нафтопродукту та видового походження опалого листя.

9. За результатами модельного експерименту встановлено, що біологічна деструкція опалого листя в природних умовах зменшує його сорбційні властивості до 4 разів від початкового значення. Експериментально доведено, що захист від атмосферних опадів та гігроскопічного перезволоження забезпечує довгострокове зберігання поглинальних властивостей сорбентів на основі опалого листя.

10. Запропоновано нову технологічну схему локалізації та ліквідації розливів нафтопродуктів на залізничному транспорті, яка дозволяє використовувати сорбенти на основі опалого листя в умовах урбанізованих територій.

### **Перелік наукових праць, у яких відображені основні результати дисертаційного дослідження:**

#### **Монографії:**

1. Mach V., Šír M., Soroka M. Industrial Ukraine: Impact of pollution on inhabitants and the environment in five industrial cities: [report]. Prague–Kyiv, 2018. 47 p. *Особистий внесок – визначення референтних точок відбору проб, аналіз результатів вимірювань та оцінка екологічного ризику.*

Статті у наукових фахових виданнях, які включені до науково-метричних баз даних (Index Copernicus):

2. Сорока М. Л., Ярышкина Л. А. Перспективы применения опалых листьев для целей локализации и сбора разливов нефтепродуктов. *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. 2013. № 1/6 (61). С. 37–41. *Особистий внесок – визначення сорбційних показників опалого листя, розробка технічного рішення.*

3. Сорока М. Л., Ярышкина Л. А. Технология ликвидации разливов нефтепродуктов с превентивным накоплением сорбентов в зоне образования и локализации разлива. *Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна*. 2012. Вип. 42. С. 45–55. *Особистий внесок – розроблення технологічної схеми, дизайн технічних засобів для зберігання та транспортування сорбентів на основі опалого листя.*

Статті у наукових фахових виданнях України:

4. Зеленюк Ю. В., Сорока М. Л., Бойченко С. В. Причинно-наслідкове обґрунтування до розробки нових сорбентів для ліквідації аварійних і технологічних емісій нафтопродуктів. *Наукоємні технології*. 2012. Т. 15, № 3. С. 31–35. doi:10.18372/2310-5461.15.5131. *Особистий внесок – складання програми дослідження, визначення сорбційних показників проб опалого листя.*



5. Сорока М. Л., Зеленько Ю. В., Яришкіна Л. О. Дослідження експлуатаційних властивостей сорбенту для ліквідації аварійних і технологічних емісій нафтопродуктів та вуглеводнів на транспорті. *Вісник Національного університету кораблебудування*. 2012. № 3. С. 233–237. URL: <http://evn.nuos.edu.ua/article/view/23014>. *Особистий внесок – постановка та проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів*.

6. Сорока М. Л., Ярышкіна Л. А. Экологическая оценка сезонных муниципальных отходов на основе опалой листвы зон зеленых насаждений города Днепропетровск. *Збірник наукових праць Національного гірничого університету*. 2012. № 38. С. 183–192. *Особистий внесок – постановка та проведення експериментальних досліджень, відбір та підготовка проб опалого листя для аналізу, узагальнення результатів експериментів*.

7. Сорока М. Л., Яришкіна Л. О., Шевченко Л. В. Поглинальна здатність промислових відходів по відношенню до органічних розчинників, які перевозяться залізничним транспортом. *Вісник Дніпропетровського університету. Серія: Хімія*. 2012. Т. 20, № 3/1 (вип. 18). С. 121–124. *Особистий внесок – проведення експериментальних досліджень*.

8. Сорока М. Л., Ярышкіна Л. А. Структурно-логическая схема развития аварийных эмиссий углеводородов на железнодорожном транспорте и основные требования к сорбентам, применяемым для их ликвидации. *Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна*. 2011. Вип. 37. С. 174–179. *Особистий внесок – аналіз чинників екологічної небезпеки, складання та обґрунтування переліку вимог до сорбентів нафтопродуктів*.

Опубліковані праці апробаційного характеру:

9. Сорока М. Л. Оцінка впливу спалювання опалого листя на стан атмосферного повітря за фактором часу від початку горіння. *Наукова весна 2019: матеріали всеукр. наук.-техн. конф. студ., асп. і мол. учених (Дніпро, 25-26 квітня 2019 року)*. Дніпро, 2019. Т. 10. С. 141-142

10. Сорока М. Л., Зеленько Ю. В. Моделювання властивостей будівельних матеріалів на основі опалого листя різних порід деревини. *Наукова весна 2018: матеріали всеукр. наук.-техн. конф. студ., асп. і мол. учених (Дніпро, 12-13 квітня 2018 року)*. Дніпро, 2018. Т. 10. С. 14-15. *Особистий внесок – проведення експериментальних досліджень, визначення впливу вмісту опалого листя на міцність будівельного матеріалу*.

11. Сорока М. Л., Зеленько Ю. В. Оцінка впливу несанкціонованого спалювання опалого листя на стан атмосферного повітря. *Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: матеріали 78 міжнар. наук.-практ. конф. (Дніпро, 17-18 травня 2018 року)*. Дніпро, 2018. С. 256-258. *Особистий внесок – проведення експериментальних досліджень, оцінка емісії забруднювальних речовин від місць спалювання опалого листя*.

12. Soroka M. L. Sorbent 1/0 – Database of materials for the elimination of emergency oil spill. *Перспективи взаємодії залізниць та промислових*

*підприємств*: тези 6-ї міжнар. наук.-практ. конф. (Дніпро, 29-30 листопада 2017 р.) Дніпро, 2017. С. 5-7.

13. Сорока М. Л., Зеленюк Ю. В. Опыт применения опавшей листвы в качестве поглотителя разливов нефтепродуктов на промышленных предприятиях. *Перспективи взаємодії залізниць та промислових підприємств*: тези 6-ї міжнар. наук.-практ. конф. (Дніпро, 29-30 листопада 2017 р.) Дніпро, 2017. С. 130-131. *Особистий внесок – розробка технічних пристроїв для ліквідації аварійних розливів нафтопродуктів на транспорті*.

14. Сорока М. Л. Концептуальний підхід локалізації та збору технологічних та аварійних розливів небезпечних вантажів на транспорті *Наукова весна 2015*: матеріали всеукр. наук.-техн. конф. студ., асп. і мол. учених (Дніпропетровськ, 1-2 квітня 2015 року). Дніпропетровськ, 2015. Т. 15. С. 100-101.

15. Швець О. В., Сорока М. Л. Утилізація відходів опалого листя у технології виготовлення інноваційних будівельних матеріалів. *Екологічні проблеми промислових регіонів*: матеріали III всеукр. молодіж. наук.-практ. конф. (Рубіжне, 10 квітня 2014 року). Рубіжне, 2014. С. 222-224. *Особистий внесок – експериментальне визначення експлуатаційних параметрів будівельних матеріалів на основі опалого листя*.

16. Soroka M. L. The base database «Materials for the elimination of oil spill at railway». *Nauka dzis: teoria, metodologia, praktyka: zbir raportow naukiwych* (Wroclaw, 28-30.09.2013) Wroclaw, 2013. str. 62–64.

17. Сорока М. Л. Стратегия применения промышленных отходов для локализации и сбора разливов нефтепродуктов. *Achievement of high school*: материалы за 9-а межд. науч. практ. конф. София, 2013. Том. 45. С. 61–63.

18. Сорока М. Л. Оценка эффективности применения материалов для сбора разливов нефтепродуктов. *Badania naukowe naszych czasow: zbir raportow naukiwych* (Kotowice, 29-31.10.2013).Kotowice, 2013. str. 83–85.

19. Сорока М. Л. Опыт утилизации отходов в виде опавшей листвы с получением гипсовых строительных материалов. *Veda a vznik – 2013/2014. Dil 31. Ekologie. Zemepis a geologie: materialy X mezinarodni – praktika conference*. Praha. 2014, stran. 34-37.

20. Сорока М. Л. Средства превентивного накопления материалов для сбора и ликвидации разливов нефтепродуктов на железнодорожном транспорте. *Северная пальмира*: сборник науч. трудов мол. ученых V молодеж. эко. конгресса (Санкт-Петербург, 19-20 ноября 2013 года). Санкт-Петербург, 2013. С. 109-112.

21. Сорока М. Л. Опыт производства строительных гипсовых плит на основе опавшей листвы. *Экология, рациональное природопользование и охрана окружающей среды*: материалы докладов III всерос. науч.-практ. конф. (14–15 ноября 2013 г.). Лесосибирск, 2013. С. 364-367.

22. Сорока М. Л. Перспективы использования сезонных отходов зеленых зон города в качестве сорбентов для ликвидации разливов нефтепродуктов *Зеленая химия*: материалы I республ. науч.-практ. конф. (Самарканд, 26–28 марта 2012 г.). Самарканд, 2012. С. 53–55.

23. Сорока М. Л., Ярышкіна Л. А. Использование поглотителя на основе модификаций отходов жилищно-коммунального хозяйства для ликвидации аварийных разливов нефтепродуктов. *Інновації в суднобудуванні та океанотехніці*: матеріали II міжнар. наук.-техн. конф. (Миколаїв, 5-7 жовтня 2011 року). Миколаїв, 2011. С. 421-424. *Особистий внесок – проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів.*

Публікація в інших виданнях:

24. Спосіб локалізації та ліквідації розливів забруднюючих речовин на твердих поверхнях та ґрунті при перевезенні небезпечних вантажів наземними видами транспорту : пат. 103705 UA. № а201204492 ; заявл. 09.04.2012 ; опубл. 10.07.2013, Бюл. № 13. 3 с. *Особистий внесок – розробка та опис технічних засобів для реалізації технології, опис технічного рішення.*

25. Композиційний сорбент для очистки різноманітних поверхонь від нафтопродуктів: пат. 103388 UA. № u201114700 ; заявл. 12.12.2011 ; опубл. 10.10.2013, Бюл. № 19. 4 с. *Особистий внесок – проведення експериментальних досліджень, опис технічного рішення.*

26. Спосіб виготовлення сорбенту для очистки поверхні від нафтопродуктів: пат. 34729 UA № u200801713 ; заявл. 11.02.2008 ; опубл. 26.08.2008, Бюл. № 16. *Особистий внесок – проведення експериментальних досліджень, опис технічного рішення.*

27. Методика виконання вимірювань. Гравіметричне визначення показника поглинальної здатності сорбентів та матеріалів різного походження та хімічного складу : а. с. № 56682 / М. Л. Сорока, Л. О. Яришкіна : дата реєстрації: 29.09.2014. 44 с. *Особистий внесок – проведення експериментальних досліджень, статистична обробка результатів, формування звіту валідації.*

## АНОТАЦІЯ

*Сорока М. Л.* Підвищення екологічної безпеки урбанізованих територій при поводженні з відходами рослинного походження. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 21.06.01 «Екологічна безпека». – Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, Міністерство освіти і науки України, м. Дніпро, 2019.

У дисертації досліджені шляхи підвищення рівня екологічної безпеки урбанізованих територій населених міст через раціональне поводження з відходами рослинного походження, а саме опалим листям. За результатами досліджень проведено комплексну оцінку впливу спалювання опалого листя на навколишнє середовище та людину, створені нові матеріали на основі опалого листя, що забезпечують раціональне використання природних ресурсів, обґрунтовані наукові засади екологічно безпечних шляхів утилізації опалого листя як відходу рослинного походження урбанізованих територій.

У роботі виконано оцінку екологічної безпеки традиційних способів поводження з відходами опалого листя. Запропоновано спосіб використання опалого листя як інертного наповнювача гіпсових будівельних матеріалів та

композитів. Запропоновано спосіб використання опалого листя як сорбенту для локалізації та збору аварійних розливів нафтопродуктів на транспорті. Розроблено технологію та технічні пристрої для превентивного накопичення сорбентів у зоні виникнення та первинної локалізації розливів нафтопродуктів.

**Ключові слова:** будівельні матеріали, важкі метали, відходи, екологічна безпека, забруднення, індекс забруднення атмосфери, нафтопродукти, опале листя, розлив нафтопродуктів, сорбент, урбанізовані території, утилізація.

### ABSTRACT

*Soroka M. L.* Improving the environmental safety of urban areas in the vegetable origin waste management. – Manuscript.

Thesis for the Candidate Degree in Technical Sciences (doctor of philosophy): Speciality 21.06.01 "Environmental safety" . - Dniprovsky National University of Railway Transport named after academician V. Lazaryan, Ministry of Education and Science of Ukraine, Dnipro city, 2019.

The dissertation researches the improving the environmental safety of urban areas through efficient vegetable origin waste management, such as fallen leaves. According to the results of the research was made a comprehensive assessment of burning fallen leaves on the environment and human, created new materials on the basis of fallen leaves, which ensure the rational use of this natural resources, was grounded reasonable scientific basis environmentally friendly ways of disposal of fallen leaves as vegetable origin waste urban areas.

In the thesis was made the estimation of ecological safety of traditional methods of waste management of fallen leaves, was proposed a new method of using fallen leaves as an inert filler of gypsum building materials and composites and as a sorbent for the localization and liquidation of emergency spills petroleum products in transport.

**Key words:** building materials, environmental safety, fallen leaves, heavy metals, index of atmospheric pollution, oil products, oil spill, pollution, sorbent, urban territories, utilization, waste.

### АННОТАЦИЯ

*Сорока М. Л.* Повышение экологической безопасности урбанизованных территорий при обращении с отходами растительного происхождения. – Квалификационный научный труд на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук (доктора философии) по специальности 21.06.01 «Экологическая безопасность». – Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, Министерство образования и науки Украины, 2019.

В диссертации исследованы пути повышения уровня экологической безопасности урбанизированных территорий населенных мест средствами рационального обращения с отходами растительного происхождения, а именно опавшими листьями. По результатам исследований проведена комплексная оценка влияния сжигания опавших листьев на окружающую среду и человека,

созданы новые материалы на основе опавших листьев, обеспечивающих рациональное использование природных ресурсов, обоснованные научные основы экологически безопасных путей утилизации опавших листьев как отходов растительного происхождения урбанизированных территорий.

В работе выполнена оценка экологической безопасности традиционных способов обращения с отходами опавших листьев. Проведена количественная оценка эмиссии загрязняющих веществ от мест сжигания опавших листьев и определена специфика воздействия на показатели санитарно-экологической безопасности атмосферного воздуха урбанизированных территорий. Опираясь на результаты многолетних экспериментальных наблюдений, установлен класс опасности отходов в виде опавшей листвы, а также пригодность их использования в качестве вторичного сырья.

Предложен способ использования опавших листьев как инертного наполнителя гипсовых строительных материалов и композитов. По результатам испытаний установлено влияние видового происхождения, содержания и фракционного состава опавших листьев на эксплуатационные показатели гипсовых строительных материалов. Описана базовая модель зависимости показателей прочности и плотности разработанных строительных материалов от содержания и фракции опавшей листвы в гипсовом композите.

Предложен способ использования опавших листьев как сорбента для локализации и сбора аварийных разливов нефтепродуктов на транспорте. Для опавших листьев экспериментально исследованы зависимости между показателями сорбционной емкости спектра нефтепродуктов и факторами видового происхождения, фракционного состава, влажности и времени контакта с сорбентом.

Проведен анализ факторов, влияющих на распространение в окружающей среде аварийных эмиссий нефтепродуктов в транспортных системах урбанизированных территорий. Разработана технология и технические устройства для превентивного накопления сорбентов в зоне возникновения и первичной локализации разливов нефтепродуктов. Предложена новая технологическая схема локализации и ликвидации разливов нефтепродуктов на железнодорожном транспорте, которая позволяет использовать сорбенты на основе опавших листьев в условиях урбанизированных территорий.

**Ключевые слова:** загрязнение, индекс загрязнения атмосферы, нефтепродукты, опавшие листья, отходы, разлив нефтепродуктов, сорбент, строительные материалы, тяжелые металлы, урбанизированные территории, утилизация, экологическая безопасность.

**СОРОКА МАКСИМ ЛЕОНІДОВИЧ**

**ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ  
УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ ПРИ ПОВОДЖЕННІ З ВІДХОДАМИ  
РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ**

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Спеціальність 21.06.01 – Екологічна безпека

---

Підписано до друку 05.09.2019 р.  
Формат 60×84/16.Папір офсетний. Друк на різнографі.  
Ум. друк. арк. 0,9 Наклад 100 прим. Зам. № 2

---

Друк  
Видавництво «ПФ Стандарт-Сервіс»  
Свідоцтво про внесення до державного реєстру  
ДК № 3197 від 28.05.2008 р.  
e-mail: ss1010@ukr.net