

**ДНІПРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

СОРОКА МАКСИМ ЛЕОНІДОВИЧ

УДК 504.064.4:658.567.1

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

21.06.01 – Екологічна безпека

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

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


_____ М. Л. Сорока

Науковий керівник:
Зеленько Юлія Володимирівна
д-р техн. наук, ст. наук. співробітник,
доцент

Ідентичність усіх примірників дисертації
ЗАСВІДЧУЮ:

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



Сабадаш В. В.

Дніпро – 2019

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.

Захист дисертації відбудеться на засіданні спеціалізованої вченої ради К 35.052.22. Національного університету «Львівська політехніка» Міністерства освіти і науки України.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуального науково-технічного завдання: підвищення рівня екологічної безпеки урбанізованих територій населених міст шляхом раціонального поводження з відходами рослинного походження, а саме опалого листя. 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. За результатами дослідження їх фізико-хімічних та еколого-токсикологічних властивостей доведено придатність використання цього виду відходів як вторинної сировини. Встановлено, що сумарний індекс небезпеки опалого листя м. Дніпро становить 30...65 одиниць та залежить від рівня антропогенного навантаження на атмосферне повітря в зоні утворення опалого листя. Експериментально встановлено, що спалювання опалого листя локально збільшує комплексний індекс забруднення атмосфери на 10...15 пунктів до

рівня, небезпечного навіть у випадку короткострокової експозиції на органи дихання людини.

Запропоновано спосіб використання опалого листя як інертного наповнювача гіпсових будівельних матеріалів та композитів. У лабораторних умовах визначений вплив різних чинників на показники міцності та щільності будівельних матеріалів на основі цих відходів. За результатами багатофакторного регресійного аналізу побудована базова статистична модель, що описує залежність міцності та щільності запропонованих гіпсових будівельних матеріалів від вмісту та фракції опалого листя в композиті. Оптимізація складу дозволяє створити гіпсовий композит із показником границі міцності понад 3,5 МПа.

Запропоновано спосіб використання опалого листя як сорбенту для локалізації та збору аварійних розливів нафтопродуктів на транспорті. У лабораторних умовах досліджено експлуатаційні властивості опалого листя та сорбентів нафтопродуктів на їх основі. Досліджено вплив чинників навколишнього середовища на ці властивості. Експериментально встановлено, що опале листя має сорбційні властивості до широкого спектру нафтопродуктів на рівні 1,8...4,6 г/г. Запропоновано 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.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

У яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

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.

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 листа, 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 листа.

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 листа.

5. Сорока М. Л., Зеленюк Ю. В., Ярышкина 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., Ярышкина 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., Ярышкина 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.

Які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

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., Зеленюк 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., Зеленько 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: zbior raportow naukowych* (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: материали 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: zbior raportow naukowych* (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., Ярышкина 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.

Які додатково відображають наукові результати дисертації:

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.

SUMMARY

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.

Thesis will be held at the proceedings of the specialized academic council K 35.052.22. National University "Lviv Polytechnic", Ministry of Education and Science of Ukraine, Lviv city.

The dissertation researches the actual scientific and technical task - 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. In consequence of studying physico-chemical and ecological and toxicological properties has been proved the suitability of using this waste as recyclable material. It was established that fallen leaves from the Dnipro city have the total danger index within the limits of 30 ... 65 units. This depends on the level of anthropopression on the atmospheric air in the production zone of fallen leaves. It has been experimentally established that the burning of fallen leaves locally increases the complex index of atmospheric pollution by 10 ... 15 points to dangerous level even in the short-term exposure to human respiratory organs.

In the thesis proposed a new method of using fallen leaves as an inert filler of gypsum building materials and composites. In laboratory conditions was determined the influence of various factors on the strength and density of building materials based on these wastes. According to the results of multivariate regression analysis was developed a basic statistical model that describes the dependence of the strength and density of the proposed gypsum construction materials on the content and fraction of fallen leaves in the composite. Composition optimization make possible to produce a gypsum composite with the strength index over 3.5 MPa.

In the thesis proposed a new method of using fallen leaves as a sorbent for the localization and liquidation of emergency spills petroleum products in transport. In the laboratory the operational properties of fallen leaves and petroleum products sorbents on their basis, the influence of environmental factors on these properties were studied. It has been experimentally established that fallen leaves has sorption properties in relation to a wide range of petroleum products at the level of 1.8... 4.6 g/g. In the thesis were proposed new technology and technical devices for the preventive accumulation of sorbents in the oil spills zone and primary localization of the oil spills.

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

LIST OF PUBLICATIONS

Scientific works, in which are published the main scientific result if the dissertation

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.

2. Soroka M. L., Yaryshkina L. A. The prospects of using fallen leaves for the clean-up of oil spills. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2013. № 1/6 (61). p. 37–41.

3. Soroka M. L., Yaryshkina L. A. Technology for the oil spills clean-up which provides preliminary accumulation of sorbents into the area of emergence and localization oil spills. *Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport*. 2012. Vol. 42. p. 45–55.

4. Zelenko Yu. V., Soroka M. L., Boichenko S. V. Cause-effect justification to development of new sorbents for elimination of emergency and technological emissions of oil products. *Science-Based Technologies*. 2012. Vol. 15, № 3. p. 31–35. doi:10.18372/2310-5461.15.5131.

5. Soroka M. L., Zelenko Yu. V., Yaryshkina L. A. Research of the sorbent`s operational properties for liquidation of emergency and technological emissions of oil products and hydrocarbons in transport. *NUS Journal*. 2012. № 3. p. 233–237. URL: <http://evn.nuos.edu.ua/article/view/23014>.

6. Soroka M. L., Yaryshkina L. A. Ecological assessment of seasonal municipal waste based on fallen leaves of green areas of the city of Dnepropetrovsk. *The collection of scientific papers of the National Mining University*. 2012. № 38. p. 183–192.

7. Soroka M. L., Yaryshkina L. O., Shevchenko L. V. The sorption capacity of industrial waste in relation to organic solvents transported by railway transport. *Journal of Chemistry and Technologies*. 2012. Bul. 20, № 3/1 (Vol. 18). C. 121–124.

8. Soroka M. L., Yaryshkina L. A. The structural logical scheme of development hydrocarbons' trouble emissions and main demands to sorbents which are used for their liquidation on the railway transport. *Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport*. 2011. Vol. 37. p. 174–179.

Scientific works, testifying the approbation of dissertation materials:

9. Soroka M. L. Assessing the impact of the burning of fallen leaves on the air quality by a factor of time from the start of combustion. *Scientific Spring 2019: Materials of all-Ukrainian. sci.-tech. conf. of student and young Scientists* (Dnipro city, 25-26 April 2019). Dnipro city, 2019. Bul. 10. p. 141-142

10. Soroka M. L., Zelenko Yu. V. Modeling properties of building materials from the fallen leaves of different species of wood. *Scientific Spring 2018: Materials of all-Ukrainian. sci.-tech. conf. of student and young Scientists* (Dnipro city, 12-13 April 2018). Dnipro city, 2018. Bul. 10. p. 14-15.

11. Soroka M. L., Zelenko Yu. V. Assessing the impact of unauthorized burning of fallen leaves on the air quality. *Problems and prospects of railway transport development: materials 78 international. sci. pract. conf.* (Dnipro city, 17-18 May 2018). Dnipro city, 2018. p. 256-258.

12. Soroka M. L. Sorbent 1/0 – Database of materials for the elimination of emergency oil spill. *Perspectives of the interaction of railways and industrial enterprises: theses of the 6-th international. sci. pract. conf.* (Dnipro city, 29-30 November 2017). Dnipro city, 2017. p. 5-7.

13. Soroka M. L., Zelenko Yu. V. Experience in the use of fallen leaves as an absorber of oil spills in industrial plants. *Perspectives of the interaction of railways and industrial enterprises: theses of the 6-th international. sci. pract. conf.* (Dnipro city, 29-30 November 2017). Dnipro city, 2017. p. 130-131.

14. Soroka M. L. Conceptual approach to the localization and collection of technological and emergency spills of dangerous goods in transport. *Scientific Spring 2015: Materials of all-Ukrainian. sci.-tech. conf. of student and young Scientists* (Dnipro city, 1-2 April 2015). Dnipro city, 2015. Bul. 15. p. 100-101.

15. Shvets O. V., Soroka M. L. Utilization of fallen leaves waste in the technology of manufacturing innovative building materials. *Ecological problems of industrial regions: materials III, all-Ukr. youth sci. pract. conf.* (Rubizhne city, 10 April 2014). Rubizhne city, 2014. p. 222-224.

16. Soroka M. L. The base database «Materials for the elimination of oil spill at railway». *Science today: theory, methodology, practice: a collection of scientific reports* (Wroclaw city, 28-30.09.2013) Wroclaw city, 2013. p. 62–64.

17. Soroka M. L. The strategy of using industrial waste for the localization and collection of oil spills. *Achievement of high school: materials for the 9-th int. sci. pract. conf.* Sofia city, 2013. Bul. 45. p. 61–63.

18. Soroka M. L. Evaluation of the effectiveness of the use of materials for the collection of oil spills. *Scientific research of our time: a collection of scientific reports* (Kotowice city, 29-31.10.2013). Kotowice city, 2013. p. 83–85.

19. Soroka M. L. Waste treatment experience in the production of gypsum building materials with fallen leaves. *Science and emergence - 2013/2014. Dil 31. Ecology. Geography and Geology: materials X international practice conference.* Prague city. 2014, p. 34-37.

20. Soroka M. L. Means of preventive accumulation of materials for the collection and elimination of oil spills on the railway transport. *North Palmyra: a collection of sci. works of young scientists V youth eco. congress* (St. Petersburg city, 19-20 November 2013). St. Petersburg city, 2013. p. 109-112.

21. Soroka M. L. Experience in the production of building gypsum boards based on fallen leaves. *Ecology, environmental management and environmental protection: proceedings of the reports of the 3-rd all-Russian sci. pract. conf.* (Lesosibirsk city, 14–15 November 2013). Lesosibirsk city, 2013. p. 364-367.

22. Soroka M. L. Prospects for the use of seasonal waste green areas of the city as a sorbent for the elimination of oil spills. *Green Chemistry: materials of the I republic sci. pract. conf.* (Samarkand city, 26–28 Mach 2012). Samarkand city, 2012. p. 53–55.

23. Soroka M. L., Yaryshkina L. A. The use of an absorber based on modifications of the waste of housing and communal services to eliminate emergency oil spills. *Innovations in shipbuilding and ocean engineering: materials II international sci. tech. conf.* (Mykolayiv city, 5-7 October 2011). Mykolayiv city, 2011. p. 421-424.

Scientific works, which additionally present the scientific results of the dissertation:

24. Method of localization and liquidation of pollutant spills on solid surfaces and soil during transportation of dangerous goods by land transport: Patent 103705 UA. № a201204492 ; app. 09.04.2012 ; publ. 10.07.2013, Bul. № 13. 3 p.

25. Composite sorbent for cleaning various surfaces from petroleum products: Patent 103388 UA. № u201114700 ; app. 12.12.2011 ; publ. 10.10.2013, Bul. № 19. 4 p.

26. Method of manufacturing sorbent for surface cleaning of petroleum products: Patent 34729 UA № u200801713 ; app. 11.02.2008 ; publ. 26.08.2008, Bul. № 16., 4 p.

27. Methods of measurement. Gravimetric determination of the absorption capacity index of sorbents and materials of different origin and chemical composition: copyright certificate № 56682. Soroka M. L., Yaryshkina L. O.: registration date: 29.09.2014. 44 p.

ЗМІСТ

Вступ.....	19
1. Аналіз та узагальнення досвіду поводження з відходами рослинного походження урбанізованих територій.....	26
1.1 Проблеми екологічної безпеки під час поводження з опалим листям – як відходом зон зелених насаджень урбанізованих територій.....	26
1.2 Огляд традиційних та інноваційних способів поводження з опалим листям.....	30
1.2.1 Біокомпостування – як традиційна модель поводження.....	30
1.2.2 Виробництво біопалива на основі опалого листа.....	32
1.2.3 Отримання сорбентів різного призначення.....	33
1.3. Аналіз досвіду використання відходів рослинного походження у виробництві будівельних матеріалів та композицій.....	34
1.3.1. Будівельні матеріали на основі мінеральних в'язучих.....	34
1.3.2. Будівельні матеріали на основі органічних в'язучих.....	37
1.3.3. Будівельні матеріали з рослинної сировини без використання в'язучих.....	37
1.3.4. Інноваційні будівельні матеріали на основі відходів рослинного походження.....	38
1.4. Аналіз особливостей виникнення та поширення аварійних емісій нафтопродуктів у транспортних системах урбанізованих територій....	42
1.4.1. Структурно-логічна схема розвитку аварійних розливів нафтопродуктів	43
1.4.3. Аналіз технологічних проблем локалізації та збору аварійних розливів нафтопродуктів в умовах урбанізованих територій.....	46
1.4.3. Ключові вимоги до сорбентів для ліквідації розливів нафтопродуктів у транспортних системах урбанізованих територій	50
1.5. Висновки до розділу 1.....	53

	16
2. Об'єкти та методи дослідження.....	54
2.1. Характеристика походження та класифікаційних властивостей опалого листя.....	54
2.2. Опис методик виконання вимірювань концентрації забруднювальних речовин у атмосферному повітрі.....	56
2.3. Опис методик інструментального вимірювання вмісту сполук металів у пробах опалого листя	57
2.4. Опис методик випробування дослідних зразків будівельних матеріалів на основі опалого листя.....	59
2.5. Опис методик інструментального вимірювання поглинальної здатності сорбентів нафтопродуктів.....	62
2.6. Висновки до розділу 2.....	66
3. Дослідження впливу традиційних методів поводження з опалим листям на стан навколишнього середовища урбанізованих територій.....	68
3.1. Оцінка впливу спалювання опалого листя на стан атмосферного повітря населених міст.....	68
3.2. Дослідження вмісту сполук важких металів у опалому листі зон зелених насаджень міста Дніпро.....	76
3.3. Оцінка класу екологічної небезпеки опалого листя зон зелених насаджень міста Дніпро.....	81
3.4. Вивчення особливості поверхневого забруднення опалого листя....	85
3.5. Висновки до розділу 3.....	87
4. Експериментальне дослідження параметричних показників будівельних композитів на основі опалого листя.....	89
4.1. Вплив вмісту опалого листя на експлуатаційні властивості гіпсового будівельного композиту.....	89
4.1.1. Дослідження границі міцності при стиску.....	92
4.1.2. Дослідження границі міцності на розтяг при згині.....	94
4.1.3. Дослідження щільності.....	97

4.1.4. Сумісний аналіз результатів випробувань запропонованого будівельного композиту на основі опалого листя.....	98
4.2. Аналіз впливу видового походження опалого листя на експлуатаційні показники будівельного композиту.....	99
4.3. Формалізація залежності експлуатаційних властивостей гіпсового будівельного композиту на основі опалого листя.....	100
4.3.1. Регресійний аналіз діаграм розсіювання результатів випробувань.....	101
4.3.2. Експериментальна перевірка адекватності отриманої статистичної моделі.....	105
4.4. Аналіз відповідності експлуатаційних властивостей гіпсового композиту до нормативних вимог.....	107
4.5. Висновки до розділу 4.....	109
5. Розробка технології використання сорбентів на основі опалого листя для локалізації розливів нафтопродуктів на залізничному транспорті.....	111
5.1. Обґрунтування вибору опалого листя для виробництва сорбентів нафтопродуктів та вуглеводнів.....	111
5.2. Дослідження експлуатаційних властивостей сорбенту на основі опалого листя до спектру нафтопродуктів та вуглеводнів.....	112
5.3. Вивчення умов довгострокового зберігання опалого листя.....	116
5.4. Дослідження властивостей композиційного сорбенту нафтопродуктів на основі опалого листя.....	118
5.5. Висновки до розділу 5.....	125
6. Розробка технології збору розливів нафтопродуктів з превентивним накопиченням сорбентів на основі опалого листя у зоні локалізації розливу на залізничному транспорті.....	127
6.1. Обґрунтування стратегії превентивного накопичення сорбентів в зоні локалізації аварійного розливу нафтопродуктів на транспорті.....	127
6.2. Опис запропонованої технології ліквідації розливів нафтопродуктів.	129

	18
6.3. Техніко-економічний аналіз запропонованої технології ліквідації розливів нафтопродуктів.....	134
6.4. Висновки до розділу 6.....	137
Висновки.....	139
Список використаних джерел.....	142
Додаток А. Відомості про впровадження та випробування основних результатів дисертаційної роботи.....	165
Додаток Б. Додаткові відомості про об'єкти та методи дослідження.....	173
Додаток В. Методика виконання вимірювань МВВ ДНУЗТ 51.001.13 «Гравіметричне визначення показника поглинальної здатності сорбентів нафтопродуктів та вуглеводнів різного походження та хімічного складу».....	177
Додаток Г. Результати вимірювання вмісту сполук важких металів у опалому листі міста Дніпро (за результатами багаторічних спостережень).....	180
Додаток Д. Результати випробування зразків запропонованого будівельного композиту.....	185
Додаток Е. Список публікацій здобувача за темою дисертації та відомості про апробацію результатів дисертації.....	187

ВСТУП

Актуальність дисертаційного дослідження. Життєдіяльність людини в межах міської системи безпосередньо пов'язана з утворенням та накопиченням відходів. 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 листя, 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 листя;

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

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

- дослідити ефективність використання опалого листя 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 листя.

Об'єкт дослідження - екологічно безпечні технології поводження з відходами у вигляді опалого листя 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 листя зон зелених насаджень урбанізованих територій та процеси використання цього виду відходів як вторинної сировини для виробництва будівельних матеріалів та сорбентів нафтопродуктів.

Методи досліджень. Планування та постановка експериментальної частини дослідження методологічно спирається на досвід у галузі поводження з відходами рослинного походження та їх промислового використання. Під час дослідження складу та властивостей опалого листя, 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 матеріально-

технічної бази лабораторії з підтвердженою технічною компетентністю на відповідність вимог ДСТУ ISO 10012:2015. Відтворюваність експериментальних результатів додатково засвідчується протоколом між лабораторних випробувань та актами передачі матеріалів досліджень для промислового використання.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Вперше проведена кількісна оцінка емісії забруднювальних речовин від місць спалювання опалого листя, 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 листя 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 сорбентом, 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» ДУНЗТ (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 аналізі 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 з результатами дисертаційного дослідження 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 192 сторінках машинописного тексту, з яких 123 сторінки (5 авторських аркушів) основної частини дисертації, ілюстровано 28 рисунками (4 з яких у додатках), текст містить 30 таблиць (8 з яких у додатках), список використаних джерел налічує 189 найменувань. Дисертація містить 6 додатків.

РОЗДІЛ 1.

АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ ДОСВІДУ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ

1.1 Проблеми екологічної безпеки під час поводження з опалим листям – як відходом зон зелених насаджень урбанізованих територій

Однією із серйозних сезонних проблем великих міст України й невеликих населених пунктів є проблема поводження з опалим листям. Накопичення у великих кількостях відходів рослинного походження, у тому числі й опалого листя, стає однією з причин погіршення екологічної ситуації в містах та селищах України.

Правове регулювання поводження з опалим листям в Україні має низку специфічних особливостей, що стримують раціональне використання цього типу відходів [1]. Базова вимога щодо організованого збору та вивезення опалого листя визначена Правилами утримання зелених насаджень міст та інших населених пунктів України [2] в контексті п. 4 ч. 2 статті 40 Закону України «Про рослинний світ» [3]. Додатково, спалювання опалого листя регулюється статтею 77-1 Кодексу України Про адміністративні правопорушення [4] у контексті статті 255 цього кодексу. Узагальнюючи норми чинного права можна дійти висновку: опале листя де-юре не розглядається як потенційний природний ресурс – дешевий, поширений та багатий некондиційною целюлозою матеріал. Чинне в Україні правове поле стимулює виключно одну технологію утилізації цього виду відходів – захоронення і, у кращому випадку, його біологічну ферментацію в місцях утворення. Отже, обговорюючи проблеми та перспективи утилізації відходів у вигляді опалого листя, ми стикаємося з класичною дилемою раціональної корисності, а саме: опале листя дерев у зонах із високим рівнем

антропогенного забруднення повинно бути зібране та вивезене на утилізацію, проте ця утилізація регулюється тільки у формі захоронення.

Не зважаючи на зазначене раніше, застосування відходів у виробництві будівельних матеріалів регламентується (дозволяється) положеннями пункту 5.1.2 ДСанПіН 2.2.7.029-99 [5]. Зазначена норма визначає можливість утилізації відходів IV класу небезпеки, з можливістю їх застосування для виробництва будівельних матеріалів. Якщо на обґрунтованому рівні довести, що відходи у вигляді опалого листя належить до IV класу небезпеки не з огляду на місце їх утворення та накопичення, то це дасть правові підстави для дослідження, розробки та впровадження технологій утилізації відходів у вигляді опалого листя для виготовлення нетрадиційних будівельних матеріалів.

У загальному випадку опале листя є джерелом живлення ґрунту органічними та мінеральними речовинами, що утворюються в процесі природного перегнивання опалого листя. Разом із цим, вимоги безпеки урбанізованих територій передбачають збір та видалення опалого листя – як відходу, що потенційно може чинити негативний вплив на інженерні мережі або санітарну безпеку населених місць. Питання доцільності збору опалого листя залишається відкритим у наукових колах. Рішення збору опалого листя пов'язано з декількома чинниками, серед яких можна виділити такі:

- попередження вторинного забруднення ґрунтового покриву (в умовах підвищеного антропогенного навантаження листя зон зелених насаджень активно накопичує різні забруднювальні речовини (у тому числі важкі метали) – виступаючи «фільтром» атмосферного повітря. У процесі перегнивання ці сполуки мігрують у товщу ґрунту, і у такий спосіб вторинно забруднюють його);

- санітарно-гігієнічна безпека населених міст (в умовах урбанізованих систем опале листя часто змішується з побутовим сміттям, що створює сприятливе середовище для розвитку збудників та носіїв інфекційних захворювань);

- технологічна безпека населених міст (опале листя є найчастішою причиною засмічення та замулення зливових колекторів населених міст. У період дощів та ожеледиці опале листя на проїжджій частині та тротуарах збільшує ймовірність виникнення надзвичайних ситуацій та подій з учасниками руху та пішоходами);

- створення естетичного середовища населених міст (штучні зелені насадження, зокрема газони, потребують прибирання з їх територій опалого листя);

- несанкціоноване спалювання опалого листя (спалювання опалого листя – традиційний «метод утилізації», який отримав широке розповсюдження на території нашої країни, не зважаючи на те, що призводить до багатьох екологічних проблем та є офіційно забороненим).

Узагальнюючи всі корисні та шкідливі властивості опалого листя, можна дійти висновку, що в умовах населених пунктів необхідно підходити до питань прибирання листя селективно, з аналізом особливості кожного об'єкта зелених насаджень. У загальному випадку, прибирання листя повинно проводитися в місцях спеціального призначення, газонах, уздовж доріг тощо. У решті випадках опале листя слід розглядати як важливий елемент екосистеми урбанізованих ландшафтів, який не підлягає збору та видаленню.

Окремою проблемою поводження з опалим листям урбанізованих територій України є проблема його несанкціонованого спалювання. Цей метод утилізації отримав широке розповсюдження на території нашої країни, не зважаючи на офіційну заборону та численні факти негативного екологічного впливу. Аналіз відомих профільних досліджень [6, 7] свідчить, що спалювання листя та інших рослинних решток є значним джерелом забруднення атмосферного повітря та ґрунту урбанізованих територій. Під час спалювання однієї тонни рослинних залишків у повітря вивільняється понад 9 кг мікрочастинок диму, що містить низку токсичних та канцерогенних сполук [6, 8]. Інші дослідження [9, 10] показують, що

спалювання опалого листя в межах міст спричиняє значне забруднення атмосферного повітря органічними сполуками та рухомими формами важких металів.

Спалення рослинних відходів та опалого листя є небезпечним для здоров'я людини. У результаті їх спалення утворюються токсичні речовини, наприклад [6] оксид вуглецю зв'язує гемоглобін крові й може призвести до погіршення стану людей, які хворіють на бронхіальну астму, серцево-судинні захворювання, гіпертонічну хворобу. У своїх роботах фахівці [6] звертають увагу на утворення фосгену – сильнодіючої отруйної речовини – під час неконтрольованого спалювання опалого листя. За цих обставин перевищення значень ГДК фосгену спостерігається на відстані до 3 км від джерела утворення викиду. Зелені насадження урбанізованих територій можуть бути забруднені пестицидами, які також вивільняються в повітря під час спалювання листя або трави. Додаткова шкода несанкціонованого спалювання опалого листя полягає в забрудненні цього виду відходів іншими об'єктами – полімери, недопалки, вторинно-перероблена деревина, інше сміття тощо). Спалювання цих об'єктів має специфічний інгредієнтний склад, нехарактерний для спалювання рослинної біомаси [6, 8, 12].

Окрім потенційної загрози забруднення атмосферного повітря, спалювання опалого листя призводить до низки інших екологічних загроз, серед яких слід виділити:

- спалювання опалого листя призводить до руйнації ґрунтового покриву, гибелі ґрунтоутворюючих мікроорганізмів, руйнації середовища існування комах;
- внаслідок спалювання опалого листя утворюється зола, емісія якої в ґрунт призводить до засолення;
- знищення природної листяної підстилки спричиняє до збільшення глибини промерзання ґрунту.

1.2 Огляд традиційних та інноваційних способів поводження з відходами рослинного походження урбанізованих територій

1.2.1 Біокомпостування – як традиційна модель поводження

Традиційним та найбільш розповсюдженим способом утилізації відходів рослинного походження, у тому числі й опалого листя, є переробка їх у органічні добрива. Найпростішим способом реалізації цього принципу є механічний збір та подальше аеробне компостування [7, 13]. У загальному випадку компостування представляє собою біохімічний процес перетворення відходів на стабільний гумусоподібний продукт – компост. Компостування можна застосовувати для будь-яких целюлозовмісних відходів, у тому числі опалого листя. На відміну від природного перегнивання, процеси компостування протікають у контрольованих умовах за встановлених параметрів вологості, температури, реакції середовища тощо. У спеціалізованих оглядах із цієї тематики [7] зазначається, що ефективні показники компостування досягаються за температур 35...55 °С та кислої реакції середовища в межах 5,5...7,0 рН.

В організаційному плані компостування можна поділити на аеробне та анаеробне (перегнивання). Значного поширення здобули практики аеробного компостування в польовому або виробничому типі організації процесу [14]. Польове компостування зазвичай здійснюють на спеціальних майданчиках у штабелях. Виробниче компостування провадять із використанням біобарабанів, тунелів компостування або басейнів витримки. Компостування включає кілька послідовних операцій: підготовка відходів (сортування та розмелювання), дозрівання компосту, зберігання готового продукту. Традиційні способи організації компостування вимагають ретельного подрібнення відходів та їх примусову аерацію в процесі перегнивання [15].

Іншим способом переробки листя є процес вермікомпостування, у результаті якого можна отримати таке органічне добриво, як біогумус. Спосіб, який використовує біологічну здатність хробаків переробляти в

процесі своєї життєдіяльності велику кількість органічних залишків [7]. Для виробництва вермікультури використовують спеціалізовані види хробаків, зокрема компостного дощового хробака. У практиці вермікультивації опалого листя найчастіше використовують червоних каліфорнійських хробаків [16], які мають добру здатність до розмноження як у польових умовах, так і в мікрокліматі теплиць. Вермікомпостування з використанням цього виду хробаків дозволяє отримати до 600 кг біогумусу та 100 кг білкової біомаси з 1 т органічних відходів рослинного походження [17].

Спеціалізовані дослідження [7] свідчать, що біогумус, отриманий у процесі інтенсивного компостування опалого листя, містить комплекс необхідних органічних речовин, мікроелементів, ферментів, ґрунтових антибіотиків, вітамінів, гормонів росту та розвитку рослин. Біогумус такого походження рекомендований для відновлення та підвищення родючості сільськогосподарських ґрунтів та земель міських зон зелених насаджень – для озеленення парків, зон відпочинку, для рекультивації ґрунтів урбанізованих територій [11, 18, 19].

Виготовлення ґрунтових меліоратів та інших препаратів для підвищення родючості можна розглядати як один із різновидів біокомпостування опалого листя. Опале листя, з огляду на походження та хімічний склад, є цінним джерелом гумінових речовин, що відіграють основну роль у збереженні родючості ґрунтів [20]. Здатність до утворення комплексів із біогенними металами та іншими мікроелементами є найбільш цікавою характеристикою гумінових речовин із практичної точки зору. Гумати здатні зв'язувати рухомі водорозчинні сполуки в ґрунті в органічно-мінеральні форми, що найлегше засвоюються рослинами. Цим пояснюється інтерес до природних препаратів та гумінових речовин, отриманих із відходів рослинного походження. Відомі практики використання таких продуктів біокомпостування для виробництва засобів захисту рослин, стимуляторів-адаптогенів росту, адсорбентів та ґрунтових меліоратів [20, 21], стабілізаторів вугільних і глиняних суспензій у штучних ґрунтах [21].

1.2.2 Виробництво біопалива на основі опалого листя

В останні роки серед науковців та виробничих груп збільшився інтерес до опалого листя – як перспективної сировини для виробництва різних видів палива. Еколого-економічний аналіз [22, 23] цього питання свідчить, що цей вид відходів урбанізованих територій доцільно розглядати як джерело для альтернативної енергетики. Профільні дослідження [24 - 26] свідчать, що використання опалого листя та продуктів на його основі як енергетичної сировини.

Наразі використовують декілька технологій виготовлення твердого палива на основі опалого листя та інших подібних відходів рослинного походження [27, 28]. Типовим є спосіб [27] глибокої переробки опалого листя без застосування в'язучих компонентів, під час якого подрібнену органічну сировину з об'ємними частками до $1,0 \text{ см}^3$ формують та пресують під тиском понад 120 кг/см^2 та за температури до $350 \text{ }^\circ\text{C}$. Цей спосіб дозволяє виготовити паливні брикети з часткою опалого листя в суміші до 80 % ваги. Ця група методів утилізації опалого листя має чіткі обмеження щодо вихідної сировини: дрібна фракція, низька об'ємна вага часток, вологість до 10 % ваги, наявність частки сировини, що містить лігнін або штучне додавання в'язучої основи. Серед відомих альтернативних способів слід виокремити технології виготовлення продуктів різного призначення – брикетів з опалого листя, що можуть бути використані як паливо або альтернативна кормова суміш [29]. Розробники зазначених технологій серед переваг альтернативного палива на основі опалого листя зазначають високу питому теплоту згорання та широкий спектр можливого використання – від промислових твердопаливних котлів до побутових камінів.

Аналогічні продукти глибокої переробки опалого листя знайшли широке застосування в країнах Європи. Так, у Європейському Союзі користується попитом продукція BioFuels Intenational, що спеціалізується на створенні «альтернативних дров» з опалого листя [30].

Іншим шляхом утилізації опалого листя у виробництві палива є створення целюлозної матриці, яку просочують рідкими некондиційними горючими речовинами. Типовою є технологія [26] отримання твердого палива на основі біомаси з опалого листя з додаванням горючих наповнювачів: сланців, вугільного пилу або відпрацьованих нафтопродуктів. Автори цієї технології зазначають, що хімічний склад опалого листя дозволяє використовувати його в різних паливних композиціях. Для технологій цього типу потрібна попередня обробка та модифікація опалого листя. Попередня обробка обумовлена можливим забрудненням опалого листя та специфічними умовами технологічного процесу. Модифікація опалого листя проводиться для збільшення питомої калорійності отриманого палива. Розробники цих технологій [26 - 28] декларують, що отримані паливні брикети є безпечними та відповідають вимогам природоохоронного законодавства.

1.2.3 Отримання сорбентів різного призначення

Одним із перспективних методів переробки відходів рослинного походження може стати використання його для виробництва сорбентів нафтопродуктів та їх похідних [31]. Потенціал такого використання опалого листя пояснюється такими властивостями: високий вміст целюлози й пориста структура відходу. З економічної точки зору інтерес викликає невелика вартість і розповсюдженість цього відходу. Відомі профільні дослідження [32, 33] свідчать, що такі сорбенти на основі вторинної біомаси мають низьку собівартість та високу поглинальну здатність до широкого спектру нафтопродуктів. Ці показники витримують порівняння з показниками традиційних синтетичних сорбентів.

Сорбенти на основі опалого листя та аналогічної біомаси широко застосовуються для очищення стічних та природних вод від нафтопродуктів. Відомий біосорбент на основі опалого листя [34], який містить рослинну сировину та активоване вугілля, просочене біологічно-активними сполуками

(алкалоїдами, амінокислотами, глікозитами). Опале листя та сорбенти на його основі використовують для очищення стічних вод промислових підприємств. Комбіновані сорбенти на основі біомаси демонструють селективну здатність до сорбційного очищення води від нафтопродуктів та олів [33, 35], важких металів [36, 37] та органічних барвників [38, 39].

1.3. Аналіз досвіду використання відходів рослинного походження у виробництві будівельних матеріалів та композицій

Відходи рослинного походження давно знайшли широке використання у виробництві різних будівельних матеріалів. Цей тип відходів без попередньої обробки або після подрібнення застосовують як наповнювач різних будівельних матеріалів, особливо в композиції з мінеральними в'язучими [40 - 42]. Відходи рослинного походження ефективно застосовують для виробництва волокнистих або стружкових плит, несучих і не несучих конструкційних елементів (п'єзотермопластики, арболіт, фіброліт тощо). Традиційно рослинні відходи використовуються для виготовлення різних матеріалів на основі мінерального в'язучого, матеріалів на основі органічного в'язучого й матеріалів, виготовлених без застосування в'язучих. Перспективи застосування рослинних відходів пояснюються як технологічними чинниками (достатня міцність, однорідність, простота обробки, естетичність), так і економічними чинниками (низька собівартість виробництва, можливі дотації за завдяки утилізації відходів).

1.3.1. Будівельні матеріали на основі мінеральних в'язучих

Арболіт – є найбільш поширеним будівельним матеріалом на основі відходів біомаси. Класифікаційно арболіти відносять до легких бетонів на основі рослинних наповнювачів, оброблених розчинами мінералізаторів. Як заповнювач використовують, в основному, подрібнену деревину, костру льону тощо [40, 43, 44]. Цей матеріал знайшов своє застосування в різних галузях будівництва, у тому числі й цивільного, у вигляді теплоізоляційних і

звукоізоляційних плит, у вигляді блоків для зведення стін і перегородок. Арболіт на основі водостійких гіпсових в'язучих застосовують для монолітного зведення стін [43].

Технологія виготовлення арболіту на основі рослинних відходів передбачає подрібнення, промивку та мінералізацію заповнювача, приготування арболітової суміші, укладання та ущільнення арболітового тіста та твердіння сформованих виробів із термообробкою або без неї [45].

До основних переваг арболітів слід віднести високі теплоізоляційні та звукоізоляційні властивості, стійкість до впливу грибка та низьку собівартість. До основних недоліків – низькі показники міцності в порівнянні із силікатними будівельними матеріалами. Цей недолік є притаманним для всіх будівельних матеріалів на основі рослинної біомаси. Він зумовлений хімічною активністю заповнювача щодо мінеральних в'язучих та високою гігроскопічністю рослинних матеріалів, які зумовлюють деформацію композиту під дією вологи.

Фіброліт – є одним зі специфічних різновидів арболіту, у якому заповнювачем є довга стружка – так звана «деревна вовна». В'язучим для виробництва фіброліта є портландцемент, біліто-шламовий цемент або біла глина та їх суміші [46, 47]. Процес виробництва фіброліту подібний до процесу виготовлення арболіту. Додатково, для формування готового виробу фібролітове тісто обробляють під тиском з обов'язковою термічною обробкою. Фіброліт знайшов широке використання як теплоізоляційний матеріал та для зведення тонких стінних перегородок. Через специфічну структуру матеріал має низьку недоліків, серед яких головним є повітропроникність, високе водопоглинання та схильність до мікокорозії.

Тирсобетон – це легкий бетон, для виробництва якого використовують тирсу й пісок, а в'язуче – цемент і вапно. Умовно тирсобетон є одним із різновидів арболіту для конструкційного будівництва. У загальному випадку тирсобетон виготовляють за такою технологічною послідовністю: по-перше змішують пісок та цемент, потім до отриманої суміші додають відміряну

кількість тирси, знову перемішують, наприкінці додають воду. Тирсу перед використанням обробляють мінералізатором для підвищення міцності і вогнестійкості майбутнього бетону [48]. Тирсобетони залежно від щільності й міцності можуть використовуватися для теплоізоляційних і конструктивно-теплоізоляційних матеріалів [48, 49]. До композитів цього типу також можна віднести схожі за складом і технологією виготовлення матеріали – ксилобетон, ксилоліт, термопласт, деревобетон та інші.

Для виробництва тирсобетону та похідних композитів використовують переважно магнезіальні в'язучі з використанням розчинів хлориду або сульфату магнію для додаткової мінералізації поверхні органічного наповнювача. Як добавки для поліпшення властивостей матеріалу можуть бути використані азбест, тальк, подрібнений кварцовий пісок або щебінь. Профільні дослідження [43, 46] свідчать, що тирсобетони та похідні композити мають високі показники водостійкості та морозостійкості, стійкі до стирання, цілком відповідають критеріям вогнестійкості. Ці експлуатаційні характеристики зумовили широке використання тирсобетонів для заповнення каркасних будівель та несучих конструкцій малоповерхового будівництва.

Цементно-стружкові плити – це найпоширеніший будівельний матеріал на основі мінеральних в'язучих. Виготовлення цього матеріалу об'єднує технологію виготовлення арболіту, часткову термічну обробку рослинної сировини та пресування під великим тиском [50]. Різновидом цементно-стружкових плит є плити на основі гіпсу, що застосовуються для внутрішньої обробки – облаштування стін, стель та підлог. Цементно-стружкові плити знайшли широке застосування в дерев'яному житловому будівництві, особливо для облицювання та виготовлення вентиляованих фасадів. Цей матеріал характеризується високою міцністю, біостійкістю, легкою обробкою та значною адгезією до фарб і полімерного покриття. Разом із цим практичний досвід [51] свідчить, що за умови зволоження цементно-стружкова плита втрачає експлуатаційні якості через нерівномірне

розширення цементу та деревини, що призводить до виникненням надлишкової напруги всередині матеріалу.

1.3.2. Будівельні матеріали на основі органічних в'язучих

Серед будівельних матеріалів на основі органічних в'язучих і відходів рослинного походження найбільшого поширення та практичного використання набули клеєна деревина, дерев'яно-стружкові плити, дерев'яно-тирсові плити, тирсоліт та їх похідні. В'язучим у матеріалах цього типу переважно є сечовинноформальдегідна та фенолформальдегідна смоли. Саме це обумовлює головний недолік матеріалів цього типу – їх екологічну небезпечність.

Клеєна деревина – один із найбільш ефективних будівельних матеріалів на основі первинної та вторинної рослинної сировини. Ці матеріали представлені широкою номенклатурою: шаруваті, зі шпону, масивні з кускових відходів деревообробки та інші [40, 49]. До основних переваг клеєної деревини слід віднести низьку середню щільність, водостійкість, стійкість до біологічної корозії та вогнетривкість.

Дерев'яно-стружкові плити – найбільш поширений матеріал на основі вторинної рослинної сировини, отриманий методами гарячого пресуванням подрібненої деревини, змішаної зі в'язучими речовинами, антипіренами та гідрофобізаторами [40]. Дерев'яно-стружкові плити мають найширшу галузь практичного використання – від конструкційно матеріалу для облаштування підлог, стель, стін, перегородок, до конструкційно-декоративних матеріалів для виробництва покриттів, меблів, тари тощо.

1.3.3. Будівельні матеріали з рослинної сировини без використання в'язучих

Основними будівельними матеріалами, що виготовляються з деревних відходів без застосування в'язучих речовин, є п'езотермопластики та лігніновуглеводні матеріали. Ці матеріали отримують із тирси шляхом її

пресування під дією високого тиску й температури [52]. У процесі виготовлення п'єзотермопластику вуглеводи, що легко гідролізуються, та низькомолекулярні фракції лігніну стають в'язучими речовинами та пластифікаторами матеріалу, водночас кристалічна целюлоза виконує функцію армуючого наповнювача.

На практиці використовують два принципові способи виготовлення п'єзотермопластиків. За першим способом – пресують необроблені природні деревні відходи. За другим способом – пресуванню передують частковий гідроліз і піроліз деревини [52, 53]. Головними перевагами п'єзотермопластиків є висока міцність та екологічність (завдяки відсутності токсичних смол у складі в'язучого та пластифікатора). Лігніновуглеводні деревні пластики здебільшого випускаються у вигляді плоских плит товщиною до 10 мм. У загальному випадку технологічний процес виробництва лігновуглеводних деревних пластиків складається з підготовки, сушіння та дозування деревних частинок, формування прес-маси, її холодного або гарячого пресування з попереднім частковим гідролізом або без нього. Матеріали цього типу знайшли широке застосування в будівництві, електротехніці, виготовленні меблів та суднобудуванні [51].

Основні експлуатаційні характеристики деяких з описаних композиційних будівельних матеріалів на основі рослинної сировини наведені в табл. 1.1 [40, 54].

1.3.4. Інноваційні будівельні матеріали на основі відходів рослинного походження

Крім традиційного використання деревних відходів у виробництві будівельних матеріалів, активно використовують матеріали та композити на основі рослинних відходів, які б не мали недоліків, що притаманні традиційним будматеріалам.

Основні технічні характеристики будівельних матеріалів на основі
відходів рослинного походження

Композиційний матеріал	Показники						Особливості складу композиційної суміші
	Міцність, МПа		Водопоглинання, %	Щільність, т/м ³	Розбухання, %	Теплопровідність, Вт/м ² ·°С	
	на розтяг при згині	при стиску					
Стінові блоки з тирсобетону	–	2,0... 2,5	8,0... 12,0	0,8	5,0... 7,5	0,32	Тирса – до 50%
Арболіт конструкційно-ізоляційний	0,6... 0,7	–	70,0	0,65	–	0,23	Портландцемент, деревна стружка – до 65%
Цементно-стружкові плити	9,0	0,35	16,0	1,4	2,0	0,253	Марка ЦСП-2
Дерев'яно-стружкові плити	16,0	0,3	–	0,72	30,0	–	Марка П-3
Лігніно-вуглеводні деревні пластики	18,0... 20,0	12,0... 13,0	120,0	1,1	5,0... 7,0	–	Пресування за температури 170°С

Серед інноваційних матеріалів та композитів слід виділити будівельні матеріали на основі торфодеревинної суміші та композиції на основі костри льону, соломи та очерету.

В останнє десятиліття торфодеревинні суміші активно використовують для виготовлення плит та теплоізоляційних блоків житлових, промислових

будівель та промислового устаткування. Серед типових торфодеревинних сумішей слід виділити композиції для виготовлення теплоізоляційних будівельних матеріалів [55]. Використання такої композиції дозволяє отримати водостійкий, однорідний будівельний матеріал із низькою щільністю та низьким коефіцієнтом теплопровідності. До складу типових торфодеревинних композицій входять торф (як в'язучий матеріал), тирса деревини (як конструкційний наповнювач), гідрофобізуючі та піноутворюючі добавки. Для посилення конструкційних параметрів до суміші додають костру, тирсу та соломку дрібних фракцій. За свідченням фахівців у галузі [55], в'язучі на основі диспергованого торфу дозволяють забезпечити екологічну безпеку продукції, знизити собівартість та поліпшити теплоізоляційні та конструктивні властивості матеріалу. Застосування целюлозовмісткого органічного матеріалу в композиції дозволяє не тільки знизити щільність, а і зменшити витрату в'язучого та знизити можливі усадкові деформації.

Наповнювачами інноваційних будівельних матеріалів доцільно використовувати костру льону або коноплі – як поширені сільськогосподарські відходи. Комплексні дослідження костри [56] свідчать, що вміст геміцелюлози (яка в лужному середовищі здатна до гідролізу та переходу у водорозчинні вуглеводи – так звані «цементні отрути») у кострі слід вважати незначним, на рівні до 11 %. Це дозволяє використовувати ці відходи для виробництва різних будівельних матеріалів на основі мінеральних в'язучих. Значна питома вага часток розміром менше 5 мм у кострі дозволяє використовувати ці відходи для виготовлення пресованих виробів без додаткової технологічної обробки. Для прикладу в табл. 1.2 наведено порівняння властивостей теплоізоляційних матеріалів на основі костри льону та інших органічних заповнювачів [56].

Інші дослідження [57] показують, що костра може використовуватися для створення теплоізоляційного матеріалу на основі її суміші із соломкою й неорганічним в'язучим – наприклад натрієвим рідким склом. Це дозволяє

зменшити коефіцієнт теплопровідності до $0,046 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ та досягти високих показників міцності на рівні до $0,8 \dots 1,2 \text{ МПа}$.

Таблиця 1.2

Порівняння експлуатаційних властивостей будівельних матеріалів на основі костри льону з іншими органічними заповнювачами

Експлуатаційний показник	Матеріал на основі костри льону	Сіліном на основі соломи	Фіброліт	Торф'яні плити
Середня щільність, кг/м^3	305...320	170...185	400...500	170...220
Теплопровідність, $\text{Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C} \times 10^{-3}$	67...74	48...52	90...100	56...75
Міцність на стиск, МПа	0,64...0,72	0,20...0,22	0,5...3,5	0,1...0,5
Міцність на згин, МПа	0,90...0,98	0,17...0,27	0,35...1,3	0,3...1,1

До інноваційних слід також віднести будівельні матеріали на основі відходів рослинного походження без використання токсичних термореактивних полімерів. Авторами оригінального дослідження [58] запропонований композитний матеріал на основі рослинних відходів і вторинних полімерів. Використання подрібнених полімерів із пластифікуючими добавками дозволяє досягти співвідношення в'язучого та наповнювача на рівні 1:100. В'язучим автори пропонують використовувати вторинні полімери поліетилену, поліпропілену, полістиролу та їх суміші, температура переробки яких нижча температури термоокислювальної деструкції деревного наповнювача [59]. Слід зазначити, що фізико-механічні властивості таких термопластичних композитів кращі за відповідні експлуатаційні показники поширених будівельних матеріалів на основі формальдегідної смоли [58]. Додаткова перевага використання в'язучих на основі фуранових олігомерів композиційних матеріалів обумовлена тим, що

вони не містять летких токсичних компонентів та їх клас небезпеки нижчий, ніж у фенолу, формальдегіду та їх гомологів.

Активні розробки інноваційних матеріалів проводяться і для будівельних композицій на основі мінеральних в'язучих. У цій сфері дослідники фокусуються на спільному використанні рослинних відходів і кристалогідратів мінеральних солей під час виготовлення цементних та гіпсових матеріалів. Групою дослідників [60] запропонований матеріал на основі соломи з підвищеною термостійкістю завдяки спеціальній мінералізації поверхні рослинного відходу. Автори пропонують просочувати рослинний наповнювач насиченим водно-сольовим розчином до утворення кристалогідратів солей на його поверхні.

1.4. Аналіз особливостей виникнення та поширення аварійних емісій нафтопродуктів у транспортних системах урбанізованих територій

Унаслідок аварійної емісії вуглеводнів у навколишнє середовище утворюється складна, багатокomпонентна система «вуглеводень – навколишнє середовище», якій притаманна низка загальних та індивідуальних фізико-хімічних властивостей. Ці властивості й особливості безпосередньо впливають на застосування того чи іншого поглинача вуглеводнів, технологію локалізації та ліквідації, а також ефективність сорбції емітента в цілому. Пошук та опис специфічних властивостей системи «вуглеводень – навколишнє середовище», виявлення стійких зв'язків між цими властивостями та ефективністю сорбції емітента (нафтопродуктів зокрема) є ключовим у питанні вибору ефективних матеріалів та технологій для локалізації та ліквідації розливів нафтопродуктів.

Велика кількість наукових робіт присвячена пошуку нових сорбентів вуглеводнів та технологій їх застосування [61 - 66]. Загальною рисою є відсутність спрямованого аналізу властивостей отриманих сорбентів на умови їх застосування. У деяких роботах [62, 64, 66, 67] ми можемо знайти вибіркові узагальнення чинників, що впливають на ефективність роботи

сорбентів вуглеводнів. Найчастіше ці чинники пов'язані з природою самих сорбентів і не враховують умов навколишнього середовища, що впливають на ефективність ліквідаційних заходів. Найбільш детальний аналіз в цьому напрямі проведено для аварійних емісій нафтопродуктів на водних об'єктах [68].

З огляду на зазначене, важливим завданням є обґрунтування базового набору вимог до матеріалів, що використовуються для ліквідації емісій вуглеводнів з урахуванням специфіки протікання аварійної ситуації на залізничному транспорті.

1.4.1. Структурно-логічна схема розвитку аварійних розливів нафтопродуктів

Для формування переліку вимог, що висуваються до матеріалів для ліквідації емісій вуглеводнів на залізничному транспорті, необхідно визначити умови, у яких відбуваються процеси сорбції (поглинання) емітента, а також специфічні характеристики системи «вуглеводень – навколишнє середовище». Для цього було розглянуто кілька сценаріїв розвитку аварійних ситуацій під час перевезення вуглеводнів залізничним транспортом. Подібний аналіз дозволяє описати сценарії розвитку аварій, виокремити шляхи поширення та міграції забруднення в компонентах довкілля та визначити умови, що впливають на ефективність проведення ліквідаційних заходів. Організація та побудова сценаріїв розвитку аварійної ситуації спирається на детальний аналіз випадків аварійних емісій вуглеводнів на залізничному транспорті, досвіді ліквідаційних заходів і рекомендаціях, що представлені у фаховій літературі [61, 64, 69 - 71].

За основу аналізу прийнято схід поїзду за складом цистерн на залізничному перегоні на пересіченій місцевості поблизу поверхневої водойми в зоні змішаної рослинності. Це дозволить врахувати різні умови розвитку аварійної ситуації й побудувати схеми сценарію на декількох рівнях аналізу, таких як:

- джерела емісії вуглеводнів;
- місця локалізації розливу вуглеводнів;
- міграція вуглеводнів у об'єкти навколишнього середовища;
- ключові чинники ризику.

Для визначення домінуючих чинників, що впливають на процеси поглинання розлитого небезпечного вантажу необхідно представляти чіткі взаємозв'язки між умовами протікання аварійної ситуації та параметрами навколишнього середовища. Для цього нами були узагальнені дані, що характеризують розвиток залпових емісій вуглеводнів під час аварії поїзда. У рамках цієї схеми передбачено поширення вуглеводнів у навколишнє середовище в трьох напрямках, які залежать від масштабу та специфіки протікання аварійної ситуації, а саме:

- розтікання вуглеводнів ландшафтом, локалізація забруднення на поверхні ґрунту, міграція в атмосферу, ґрунтові води та поверхневі водойми;
- поширення забруднення дзеркалом природної або штучної водойми;
- поширення забруднення в навколишнє середовище з урахуванням чинників займання, перегріву або вибуху вантажу.

Результати цього узагальнення представлено у форматі структурно-логічної схеми (рис. 1.1). Результати аналізу різних умов, характерних для аварійних емісій вуглеводнів, згруповано в блоки дерева подій.

Під час аварійного розливу первинними джерелом емісії вуглеводнів безпосередньо є цистерна з різним ступенем розгерметизації котла. До вторинних джерел емісії слід віднести зони локалізації розливу небезпечного вантажу та місця його накопичення, особливо в умовах перегріву, спалаху або вибуху.

Залізниці прокладені в усіх природних і штучних типах ландшафтів – пересічна місцевість, гори, водойми, ліси, землі сільськогосподарського призначення тощо. Цей факт збільшує спектр можливих місць локалізації забруднювальної речовини та ускладнює аналіз загалом.

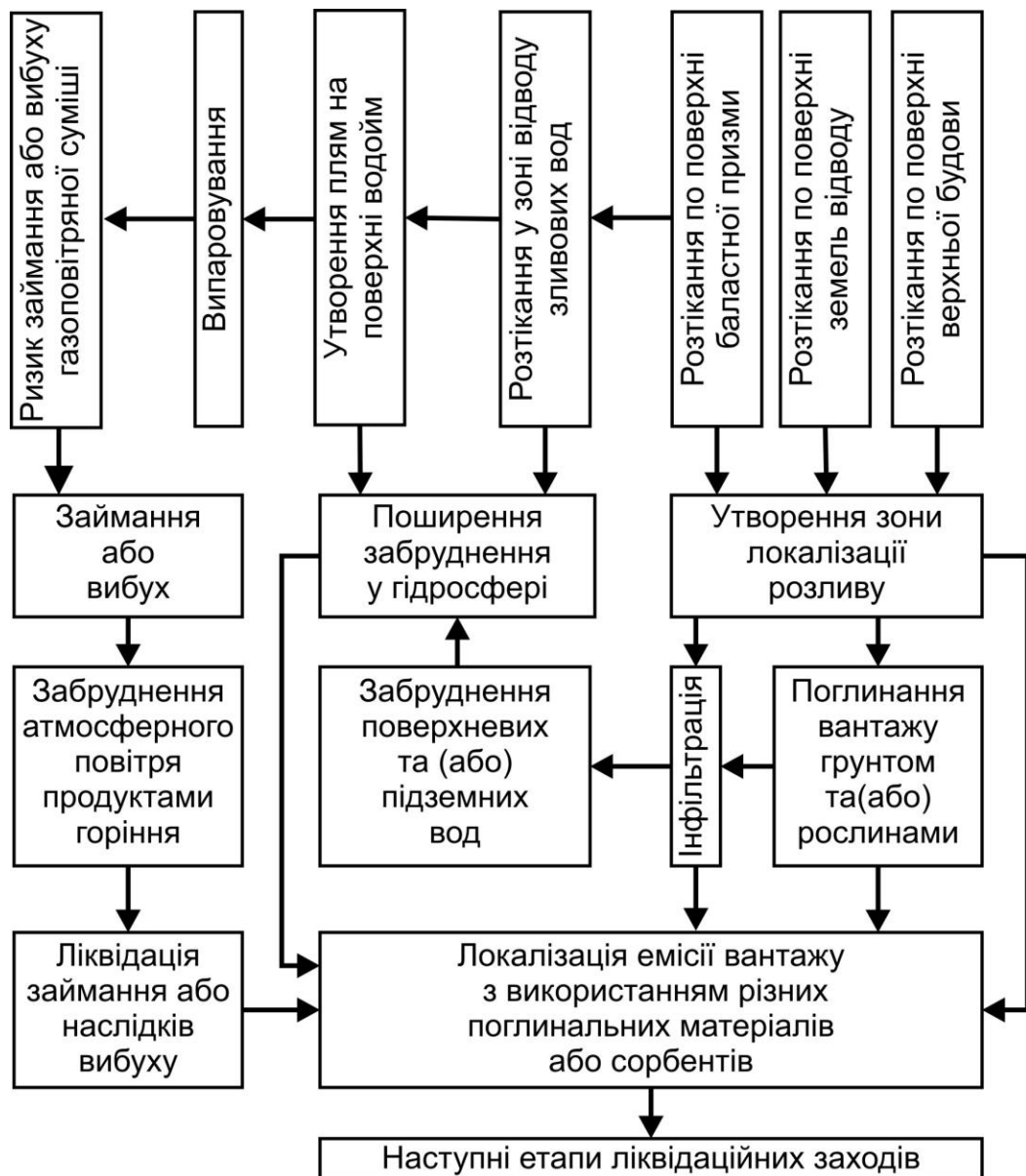


Рисунок 1.1 – Структурно-логічна схема розвитку аварійної емісії вуглеводнів під час їх перевезення залізничним транспортом у межах урбанізованих територій

В умовах розгерметизації котла цистерни поблизу залізничного полотна емісія вантажу буде зосереджена в природних пониження рельєфу місцевості, у місцях стікання вантажу до споруд штучної меліорації та відведення зливових вод, а також водних об'єктів.

Специфіка локалізації розливу небезпечного вантажу тісно пов'язана з його міграцією в навколишньому середовищі. Стікаючи поверхнею ґрунту та елементах дренажної системи земляного полотна, маса забруднювальної речовини мігрує до найближчої водойми. У разі забруднення водойм, емітент розтікається поверхнею води та мігрує в її товщу. Розлиті вуглеводні можуть інфільтруватись у ґрунт – тим самим насичують його та забруднюють підземні водоносні горизонти. Критерієм міграції небезпечного вантажу до атмосфери є швидкість випаровування як безпосередньо з його поверхні, так і зі змочених ним поверхонь різного роду.

Усі вуглеводневі вантажі, що перевозяться залізничним транспортом, є легкозаймистими речовинами. Тому чинником ризику є здатність вантажу до займання, горіння та вибуху. З урахуванням цього чинника слід доповнити деякі рівні аналізу. У випадку займання небезпечного вантажу основними забруднювальними речовинами в атмосферному повітрі є продукти горіння. За цих обставин місце локалізації розливу вантажу стане джерелом забруднення навколишнього середовища. Додатково, в умовах займання небезпечного вантажу змінюється пріоритет проведення ліквідаційних заходів – від сорбції розливу до першочергового гасіння пожежі та інших заходів колективної безпеки. У цьому випадку використання сорбційних технологій майже неможливе.

1.4.2 Аналіз технологічних проблем локалізації та збору аварійних розливів нафтопродуктів в умовах урбанізованих територій

Проблема ліквідації аварійних і технологічних розливів нафтопродуктів широко представлена в сучасній вітчизняній і зарубіжній науковій літературі. Дослідники в цій галузі фокусують увагу на вивченні трьох основних аспектів, а саме:

– вивчення загальних методологічних підходів до технології локалізації та ліквідації розливів нафтопродуктів [67 - 69, 72, 73];

– розробка технічних рішень для реалізації ліквідаційних заходів [63, 66, 71];

– дослідження експлуатаційних властивостей сорбентів та інших матеріалів для ліквідації розливів нафтопродуктів [61, 62, 68, 74].

Специфічні особливості виникнення та ліквідації екологічних наслідків аварійних розливів нафтопродуктів на залізничному транспорті широко висвітлені в низці робіт [62, 64, 65, 70, 74]. Аналіз наведених публікацій свідчить про те, що більшість досліджень фокусуються на структурних аспектах проведення ліквідаційних заходів і розробці нових матеріалів для їх реалізації. Проблема оптимізації технологічних процесів та розробка принципово нових регламентів проведення робіт залишається недостатньо дослідженою. Це значною мірою стосується специфічних умов та характерних розливів небезпечних вантажів на залізничному транспорті. Відповідно, вивчення та оцінка ефективності традиційних технологічних схем ліквідації розливів нафтопродуктів є актуальним завданням, а розробка нових технологій ліквідації, а також їх адаптація до умов залізничного транспорту, вимагають додаткового вивчення.

В останні роки серед вітчизняних [61, 62, 64, 71] і зарубіжних [66 - 68, 70, 74] дослідників збільшився інтерес до розробки альтернативних технологій локалізації та збору розливів нафтопродуктів. За своєю суттю традиційні технології складаються з трьох основних етапів (рис. 1.2), серед яких: локалізація розливу, його ліквідація та сорбція розлитого небезпечного вантажу, а також різні постліквідаційні заходи.

Для локалізації небезпечного вантажу традиційно застосовують [65, 72] обвалування та герметизацію котла пошкодженої цистерни. На цьому етапі головним завданням є зменшення загальної площі забруднення та обсягу емісій у навколишнє середовище. Основна мета етапу ліквідації розливу – запобігання подальшої міграції небезпечного вантажу (як забруднювальної речовини) в об'єктах навколишнього середовища [68, 74].

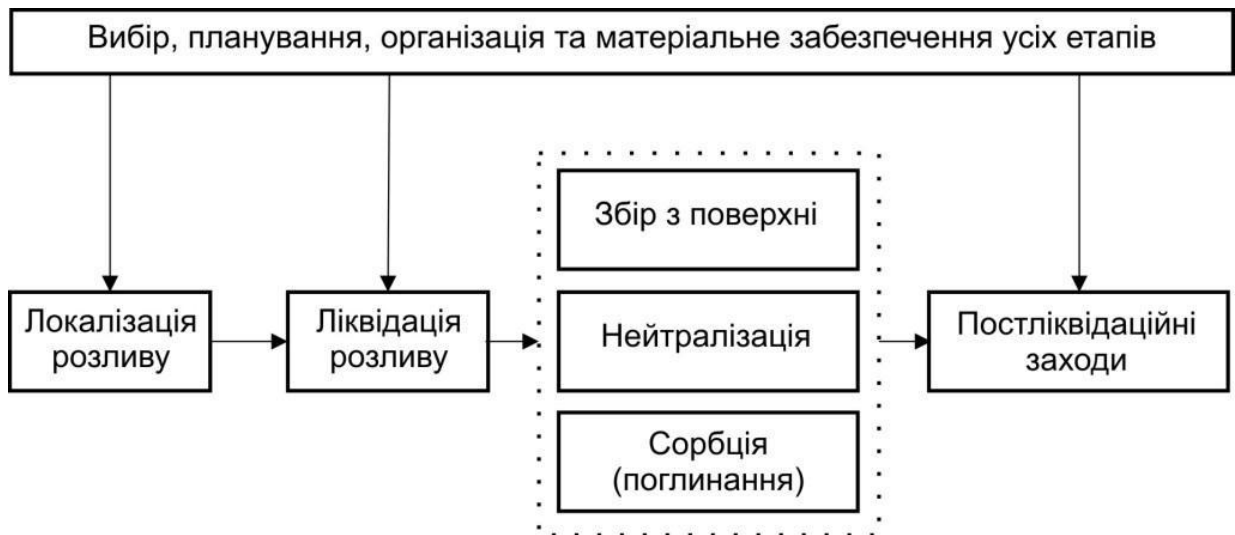


Рисунок 1.2 - Традиційна принципова технологічна схема локалізації та збору розливів нафтопродуктів на залізничному транспорті

Різноманіття технологій, що вживаються на цьому етапі, обумовлюють фізико-хімічні властивості небезпечного вантажу та чинники навколишнього середовища. Аналіз спеціалізованих досліджень та регламентів [72, 74] свідчить, що в практиці очищення різних поверхонь від розливів нафтопродуктів найбільшого поширення набули технології фізичного збору, хімічної нейтралізації та сорбції. Слід зазначити, що для цілей сорбції небезпечного вантажу найбільш ефективним і простим є використання сорбентів або спеціальних поглинальних матеріалів. До постліквідаційних заходів традиційно належать рекультивация забруднених ґрунтів, заходи щодо захисту ґрунтових вод від вторинного забруднення та утилізація відходів, що утворилися на етапі локалізації або ліквідації розливу.

Вибір технології, яку застосовують на кожному етапі, обумовлений чинниками, які можна умовно класифікувати за трьома групами:

- чинники навколишнього середовища;
- чинники, що характеризують особливості локалізації розливу;
- чинники, пов'язані з організацією ліквідаційних заходів.

Аналіз публікацій [63 - 65, 70] та відповідних нормативних документів [72, 74, 73] у цій галузі свідчить, що наведені чинники характеризуються

низкою проблем організаційного, технологічного та екологічного характеру на всіх етапах ліквідації розливу. Наприклад, аварійні емісії небезпечних вантажів на залізничному транспорті мають складно прогнозований характер – від крапельного витoku пошкодженої зливної арматури до залпової емісії, який супроводжується розривом котла цистерни. Відповідно, обсяг можливого забруднення об'єктів навколишнього середовища значно диференційований у часі та просторі – від локальних витоків (приблизно 10 кг за годину) до масштабних аварійних розливів (від 30 т за годину) [64, 65, 69, 73].

Слід зазначити, що в зоні аварійного розливу спостерігається конфлікт інтересів між прагненням до захисту навколишнього середовища та необхідністю якнайшвидшого відновлення вантажного сполучення. Додатковою обставиною організації ліквідаційних заходів є важка доступність місць локалізації розливу на залізничних перегонах, а іноді повна відсутність альтернативного транспортного сполучення. Частими є ситуації [69, 73], для яких неможливо організувати доставку спеціальної техніки та матеріалів для ліквідації розливу небезпечного вантажу.

Усі перераховані чинники безпосередньо впливають на вибір і реалізацію відповідної технології локалізації або ліквідації. В умовах дефіциту часу та великої кількості можливих сценаріїв розвитку аварійної ситуації вирішити дану організаційну задачу оперативно не вбачається за можливе. Чинні технології та регламенти проведення ліквідаційних заходів демонструють свою оперативну недієздатність і відстрочену ефективність. Як наслідок – на практиці локалізація та ліквідація аварійних розливів небезпечних вантажів здійснюється частково або не проводиться зовсім.

Підбиваючи підсумки, можна дійти висновку, що традиційні технології локалізації та ліквідації розливів небезпечних вантажів на залізничному транспорті не є універсальними та не забезпечують необхідного захисту навколишнього середовища. Цим пояснюється необхідність розробки нового

підходу, який у складних умовах залізничного транспорту забезпечує простоту, універсальність та ефективність організації ліквідаційних заходів.

1.4.3. Ключові вимоги до сорбентів для ліквідації розливів нафтопродуктів у транспортних системах урбанізованих територій

У сорбційних технологіях ліквідації аварійних емісій вуглеводнів поглинання емітента в навколишньому середовищі досягається шляхом використання спеціальних поглинальних матеріалів різної природи – сорбентів нафтопродуктів [65, 66, 69, 71]. Ефективність їх застосування характеризується декількома показниками, які залежать від природи та способу дії сорбенту, властивостей сорбату та показників навколишнього середовища. Головними серед них є максимальна поглинальна здатність, швидкість насичення (досягнення максимальної поглинаючої здатності) та вплив вологості на показники сорбції.

Зазначені показники ефективності сорбентів були проаналізовані в рамках структурно-логічної схеми розвитку аварійної емісії вуглеводнів на залізничному транспорті. Аналіз виявив основні вимоги, які необхідно пред'явити до поглиначів вуглеводнів для максимальної ефективності їх застосування (табл. 1.3). Вимоги, що висуваються до сорбентів вуглеводнів, продиктовані загальною специфікою проведення ліквідаційних заходів.

Чинником ризику в представлених сценаріях розвитку аварійної ситуації виступає можливість займання або вибуху вуглеводнів або їх газоповітряних сумішей. Тому для зниження ризику ліквідаційні команди будуть використовувати водяні завіси та водно-повітряні піни в зоні локалізації небезпечного вантажу. Підвищення вологості навколишнього середовища призведе до погіршення оптимальних умов сорбції. Можливість утворення системи «вуглеводень – вода» та тонких плівок вуглеводнів на поверхні води обґрунтовує вимогу до високої гідрофобності сорбенту, можливості селективної сорбції та плавучості.

Вимоги до сорбентів, що застосовуються для ліквідації аварійних емісій вуглеводнів на залізничному транспорті

Умови розвитку аварійної ситуації	Вимоги до сорбентів вуглеводнів
1. Загальні вимоги	<ul style="list-style-type: none"> – високі показники поглинальної здатності; – відсутність токсичних компонентів; – відсутність спеціальних умов зберігання; – здатність до багаторазового застосування; – простота утилізації
2. Можливість перегріву, займання та вибуху вантажу	<ul style="list-style-type: none"> – мінімальний вміст горючих речовин; – відсутність вибухонебезпечних компонентів; – сорбент не утворює токсичні продукти горіння; – вміст речовин, що зменшують швидкість поширення полум'я; – висока швидкість насичення та дифузії у внутрішні шари сорбенту
3. Можливість локалізації вантажу на поверхнях різного роду	<ul style="list-style-type: none"> – універсальність використання; – висока швидкість насичення; – значна гідрофобність; – тенденція до зменшення фракції; – стабільність структури в насиченому стані
4. Можливість утворення систем «вуглеводень-вода»	<ul style="list-style-type: none"> – значна гідрофобність; – велика швидкість сорбції, – низька швидкість десорбції; – здатність до селективної сорбції; – висока плавучість сорбенту; – домінування адсорбції над абсорбцією

В умовах поглинання займистої рідини необхідно мінімізувати потенційну можливість займання та поширення полум'я на поверхні вуглеводню в системі «вуглеводень – сорбент». З цією метою до складу сорбенту раціонально включити інертні компоненти та речовини, які поглинають теплову енергію або виділяють газу, що не підтримують горіння. У цьому контексті використання неорганічних сорбентів має обґрунтовану перевагу перед органічними.

Локалізація розливу вуглеводнів на поверхнях різного роду з урахуванням інтенсивного випаровування та можливості займання вимагає мінімізації часу насичення сорбенту та знаходження вуглеводнів у зоні локалізації розливу. Для досягнення цієї вимоги сорбент має характеризуватися високою поглинальною здатністю, швидкістю насичення та універсальністю застосування. Додатковою перевагою є властивість сорбенту поглинати вуглеводні з тонких плівок з поверхні металевих поверхонь цистерн та залізобетонних конструкцій верхньої будови колії.

Інтенсивність випаровування вантажу та значний ризик вибуху газоповітряної суміші вимагає від сорбенту низки специфічних властивостей, серед яких: домінування сорбції зовнішніми шарами над внутрішніми та велика швидкість дифузії сорбата до тіла гранули сорбенту.

1.5. Висновки до розділу 1

1. Аналіз наявних схем поводження з опалим листям – як специфічним відходом урбанізованих територій свідчить, що цей вид відходів має значний ресурсний потенціал, який наразі не використовується на території України. Розробка нових матеріалів та технологій утилізації опалого листя є важливим науково-технічним завданням, яке потребує додаткового вивчення.

2. Поводження з відходами у вигляді опалого листя має низку специфічних нормативно-правових проблем. Чинне в Україні правове поле стимулює виключно одну технологію утилізації цього виду відходів –

захоронення і, у кращому випадку, його біологічну ферментацію в місцях утворення.

3. Питання доцільності збору опалого листя в місцях утворення є невирішеним. До вимушених чинників збору та видалення опалого листя з місць утворення слід віднести: попередження вторинного забруднення ґрунтового покриву, забезпечення санітарно-гігієнічної та технологічної безпеки населених міст, створення естетичного середовища населених міст, попередження несанкціонованого спалювання опалого листя.

4. Використання опалого листя як вторинної сировини вимагає еколого-гігієнічної оцінки безпечності цього виду відходів. Вторинне забруднення опалого листя потребує додаткового вивчення.

5. Несанкціоноване спалювання опалого листя створює загрозу для санітарно-екологічної безпеки урбанізованих територій. Для обґрунтування шляхів поводження з опалим листям необхідно провести аналіз та оцінку ризиків від його несанкціонованого спалювання.

6. Найбільш перспективними шляхами утилізації опалого листя є використання як інертного наповнювача будівельних композитів та сировини для виробництва сорбентів і поглиначів різного призначення.

7. За результатами аналізу розвитку та поширення аварійних розливів нафтопродуктів на транспорті складено перелік вимог до сорбентів та матеріалів для ліквідації цих розливів. Ці вимоги є основою для оцінки ефективності використання опалого листя як сировини для виготовлення сорбентів та поглинальних матеріалів.

Матеріали першого розділу висвітлені в опублікованих працях 2, 3, 6, 8, 12, 13, 16, 17, згідно переліку у додатку Е.

РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Характеристика походження та класифікаційних властивостей опалого листя

З огляду на поставлену мету, об'єктом дослідження обрано опале листя різних порід садово-паркових культур із різних зон зелених насаджень міста Дніпро. Загальний вид фракцій опалого листя наведено на рис. 2.1. У рамках дисертаційної роботи для встановлення класу небезпеки обрані відходи опалого листя садово-паркових культур, які характерні для зелених насаджень міста Дніпро [19, 72, 77, 78]. Серед об'єктів дослідження виділені відходи опалого листя таких видів: Робінія псевдоакація (*Robinia pseudoacacia L.*), В'яз гладкий (*Ulmus laevis Pall.*), Липа широколиста (*Tilia platyphyllos Scop.*), Каштан кінський (*Aesculus hippocastanum L.*), Клен гостролистий (*Acer platanoides L.*) і Тополя (*Populus alba L.*).



a)

б)

Рисунок 2.1 – Зразки опалого листя для дослідження, змішана проба:

а) середня змішана фракція, б) дрібна фракція 1...2 мм

Класифікаційно об'єкти дослідження є зразками відходів у вигляді опалого листя садово-паркових культур, які згідно ДК 005 [79] можна класифікувати за спорідненими кодами:

- 7720.3.1.01: Відходи комунальні (міські) змішані, у т. ч. сміття з урн;
- 7720.3.1.03: Відходи, одержані в процесі очищення вулиць, місць загального використання, інші;
- 0201.3.1.10: Матеріали рослинні дикорослі інші некондиційні;
- 0141.3:0.00: Відходи кінцевої продукції від надання послуг у рослинництві;
- 0000000.01.00.0: Тверді (за агрегатним станом);
- 0000000.00.00.0: Невстановлені небезпечні властивості та їх комбінації (з пріоритетом кодів 0000000.00.99.0 та 0000000.00.03.0);
- 0000000.00.00.4: Малонебезпечні за класом безпеки, опціональна характеристика.

Відбір проб зразків опалого листя виконаний у період жовтень-листопад відповідного року вимірювань. Програма відбору проб складена згідно настанов ДСТУ ISO 10381-2:2004 [80], ДСТУ ISO 10381-2:2004 [81], та ДСТУ 4287-2004 [82]. Усереднення в місцях відбору проб виконано методом квартування для площі квадрата від 100 м². Деталізація та обґрунтування місць відбору проб наведена у п. 2.3 дисертаційної роботи. Відібране опале листя зберігалось у повітряно-сухому стані в поліетиленовій тарі типу МН-5.

У табл. 2.1 наведено відомості про кваліфікаційні ознаки зразків опалого листя, використаного в експериментальних дослідженнях дисертаційної роботи. Розмір домінуючої фракції опалого листя після помолу F₆₀ виконано методом ситового фракціонування [80] з використанням сит зі стандартними отворами розміром від 0,1 до 10,0 мм. Частку пиловидних фракцій опалого листя F_{1mm} та скелету листових пластинок L_k визначено розрахунковим методом за даними гравіметричного вимірювання всіх фракцій помолу. Показники вмісту гігроскопічної вологи в повітряно-сухих

$W_{п-с.}$ пробах опалого листя, а також для проб у максимальному гігроскопічному зволоженні $W_{гідро.}$ визначено гравіметричним методом за стандартизованою методикою МВВ 081/12-0785-11 [83].

Таблиця 2.1

Кваліфікаційні ознаки зразків опалого листя

Видове походження опалого листя	F_{60} , мм	$F_{1мм}$, % ваг.	$W_{п-с.}$, % ваг.	$W_{гідро.}$, % ваг.	Lk, % ваг.
Каштан кінський	2,5...3,0	5,0...7,6	7,9...8,4	15,5...16,7	15,0...26,0
Липа широколиста	1,5...3,0	1,2...2,2	7,9...8,5	16,9...18,1	14,5...23,5
Робінія псевдоакація	1,5...2,5	2,0...2,8	7,2...7,6	14,1...14,7	12,0...18,5
В'яз гладкий	2,0...3,5	3,0...5,2	8,7...9,5	18,2...19,6	15,0...19,2
Клен гостролистий	1,5...3,0	2,0...3,0	7,8...8,6	14,9...15,9	21,2...35,0
Тополя	1,5...3,5	1,3...2,1	6,3...7,8	13,4...14,7	18,2...23,6

2.2. Опис методик виконання вимірювань концентрації забруднювальних речовин у атмосферному повітрі

Для визначення впливу спалювання опалого листя на стан та якість атмосферного повітря поставлений модельний експеримент, який методологічно спирається на рекомендації [84 - 87].

Постановка експерименту складається з таких організаційних етапів:

- підготовка маси змішаної проби опалого листя для модельного спалювання;
- організація відвалу опалого листя для спалювання на віддаленому безпечному бетонованому майданчику;
- відбір контрольної проби атмосферного повітря з підвітряної сторони;
- спалювання опалого листя з одночасним відбором проб атмосферного повітря з навітряної сторони у двох точках на відстані 5 та 30 м від джерела утворення викиду забруднювальних речовин.

Загальна маса опалого листя, яка була спалена в рамках експерименту склала (250 ± 25) кг. Маса об'єднаної проби визначалась гравіметричним

методом (метод групових зважувань) з використанням динамометричних ручних ваг марки WH-A08 з діапазоном вимірювання до 50,00 кг із точністю ± 10 %. Для спалювання використане опале листя з показниками повітряно-сухої гігроскопічної вологості (табл. 2.1).

У рамках експерименту проведено вимірювання восьми основних забруднювальних речовин, а саме: азоту діоксид, ацетон та інші кетони, вуглецю оксид, оцтова кислота та оцтовий ангідрид, суспендовані речовини, ангідрид сірчистий, фенол та фурфурол. Вибір переліку забруднювальних речовин базується на нормативних рекомендаціях із моніторингу атмосферного повітря [84, 86], відомих дослідженнях [9] та наявній технічній спроможності для організації вимірювань. У табл. Б.1 Додатку Б наведені позначення та відповідні метрологічні характеристики методик виконання вимірювань.

Відбір проб атмосферного повітря виконаний на висоті 1,7 м із використанням відкритого алонжу, який під'єднаний до сорбційних трубок, фільтрів або поглиначів. Контроль швидкості та витрати повітря виконаний із використанням ротаметрів, встановлених у чотириканальний електричний аспіратор УП 822М моделі 822. Концентрація забруднювальних речовин встановлена розрахунковим методом за результатами фотоколориметрії робочих розчинів (фотоелектроколориметр КФК-3) з використанням калібрувальних графіків [84 - 86]. Відбір проб атмосферного повітря виконаний із використанням забірної трубки та автоматичного комплексу засобів вимірювальної техніки згідно керівництва з експлуатації ОКСИ-5М-5Н [88].

2.3. Опис методик інструментального вимірювання вмісту важких металів у пробах опалого листя

Для оцінки вмісту сполук важких металів використані проби опалого листя усереднені за складом, фракцією та видовим походженням. Для відбору обрані майданчики зелених насаджень трьох типів: паркові зони,

зелені зони поблизу житлових будинків (зони житлової забудови) у житлових масивах міста, зелені зони поблизу транспортних магістралей та автомобільних доріг міста. Обрана типологія місць відбору проб опалого листя ґрунтується на аналізі профільних наукових досліджень вмісту сполук важких металів в урбанізованих екосистемах [80, 89, 90 - 93], а також специфіці поширеності цих сполук на території промислової агломерації міста Дніпро [91, 94 - 96]. Позначення та координати обраних майданчиків для відбору проб опалого листя наведені в табл. Б.2 Додатку Б. Загалом у рамках програми дослідження виконаний відбір проб із 8 паркових зон, 6 зон житлової забудови та 6 зон поблизу транспортних магістралей.

Для визначення координат використаний автоматичний приймач Garmin eTrex марки H, відхилення результатів вимірювань точки в системі координат визначено в межах 20 ... 35 м ($n = 3$, $P = 0,95$).

Перелік важких металів, вміст яких визначався в рамках дослідження, складений на основі рекомендацій вітчизняних і зарубіжних досліджень [92, 93, 97 - 100] і відомих даних [95, 91, 101 - 103] характерного компонентного забруднення в рамках Придніпровської промислової агломерації.

Вміст важких металів у пробах відходів визначався експериментально, методами атомно-адсорбційної спектроскопії у валових та рухомих (ацетатних та водорозчинних) формах. У рамках досліджень використані стандартизовані методики виконання вимірювань [104], метрологічні показники яких, деталізовані за компонентами хімічного аналізу, наведені в табл. 2.2.

Мінералізація проб опалого листя для аналізу виконана за настановами ДСТУ 4770 [105] та МВВ 31-497058-015-2003 [106]. Атомізацію робочих розчинів сполук важких металів у витяжках проводили в полум'ї ацетилен-повітряної суміші на атомізаторі спектрофотометра ААС-115М із використанням лампи з порожнистим катодом на відповідний метал. Масову частку важких металів у пробах відходів визначали розрахунковим методом, спираючись на результати визначення вмісту металів у робочих розчинах

витажок. Слід зазначити, що вміст деяких металів в об'єктах дослідження виходить за межі чутливості методик, представлених у табл. 2.2. Для цих випадків підготовка проб включала етапи концентрування проби методом випарювання.

Таблиця 2.2

Методики виконання вимірювань вмісту різних форм сполук важких металів у пробах опалого листя

Метал	Методика вимірювання	$\pm \delta$ (n=5, P=0,95)	Діапазон вимірювання, мг/кг	Довжина хвилі, нм	Ширина щілини, нм
Mn	MBV 081/12-0181-05	26	$(0,5...50) \times 10^{-4}$	279,6	0,4
Cd	MBV 081/12-01 67 -05	31	$(0,2...50) \times 10^{-4}$	228,8	1,3
Ni	MBV 081/12-01 6 8-05	30	$(4,0...50) \times 10^{-4}$	232,0	0,2
Fe	MBV 081/12-01 6 8-05	24	$(2,0...50) \times 10^{-4}$	248,3	0,4
Pb	MBV 0 81/12-0292-06	17	$(2,0...50) \times 10^{-4}$	283,3	1,3
Cu	MBV 081/12-01 6 8-05	22	$(2,0...50) \times 10^{-4}$	324,7	1,3
Zn	MBV 081/12-01 6 8-05	22	$(4,0...50) \times 10^{-4}$	213,9	1,3

2.4. Опис методик випробування дослідних зразків будівельних матеріалів на основі опалого листя

Планування й постановка випробування параметрів дослідних зразків будівельних матеріалів у дисертаційній роботі виконано відповідно до відомого наукового досвіду вирішення подібного роду завдань [107 - 110] та нормативного регулювання [111 - 113] будівельних матеріалів та виробів, що містять гіпс.

Для оцінки можливості застосування відходів у вигляді опалого листя як наповнювача гіпсових плит були підготовлені суміші з різним вмістом та фракцією опалого листя. Варіаційні параметри готових сумішей – вміст, фракція та видове походження опалого листя. Контроль маси компонентів у

суміші для виготовлення композиту здійснено методом прямого зважування гіпсу та опалого листя з використанням технічних ваг ВЛКТ-500. Поділ опалого листя на фракції здійснено методом фракціонування [114] без промивання водою [115] з використанням сит зі стандартними отворами розміром від 0,1 до 10,0 мм.

Параметри границі міцності при згині, границі міцності при стиску та щільності отриманих композитів визначали на зразках-балочках розміром (40×40×160) мм, виготовлених із тіста стандартної консистенції та висушених до постійної маси перед випробуванням. Виготовлення зразків-балочок для випробувань виконано за стандартним методом згідно п. 10.6.2 ДСТУ Б В.2.7-82:2010 [113]. Для виготовлення серії експериментальних зразків використовували пробу гіпсового в'язучого масою до 1,6 кг за умови різного співвідношення компонентів у суміші (гіпс-відходи). Наважки гіпсового в'язучого та опалого листя змішували окремо. Отриману суміш протягом 5-20 с засипали в чашку з водою, взятою в кількості, необхідній для отримання тіста стандартної консистенції, інтенсивно перемішували ручною мішалкою протягом 60 с до отримання однорідного тіста, яке в подальшому заливали у форми. Попередньо внутрішню поверхню форм змащували мінеральною оливою марки М-8-В. Відсіки форми заповнювали одночасно. Для видалення пухирців повітря заповнену форму струшували на вібростолі. Після настання початку тужавлення надлишки гіпсового тіста були зняті шпателем. Зразки витягали із форм для подальших випробувань через (15±5) хв. після закінчення тужавлення.

Для виготовлення зразків будівельних матеріалів використовували гіпсове в'язуче будівельне марки Г-5 Н-ІІ виробництва Кам'янець-Подільське ПАТ «Гіпсовик». Технічні показники якості гіпсового в'язучого наведені в табл. 2.3. Контроль параметрів тіста стандартної консистенції виконаний за п. 10.4 та п. 10.5 ДСТУ Б В.2.7-82:2010 [113]. Випробування всіх зразків виконано за стандартних умов мікроклімату приміщень за умови контрольованої вологості на рівні 65 ± 10 %.

Технічні показники якості гіпсового в'язучого

Показник якості	Значення показника	
	за декларацією виробника	за результатами вимірювань
Границя міцності при стиску, МПа	≥ 5	6,5
Границя міцності при згині, МПа	$\geq 2,5$	3,5
Залишок на ситі з розмірами вічка у світлі 0,2 мм, %	≤ 14	10
Термін початку тужавлення, хв	≥ 6	6
Термін кінця тужавлення, хв	≤ 30	25

Випробування отриманих зразків-балочок будівельного композитного матеріалу виконано в такій послідовності:

а) зважування зразка для контролю щільності з розширеним діапазоном невизначеності методики виконання вимірювань на рівні $\pm 5,0$ %;

б) випробування границі міцності при згині на стенді з опорними валками згідно п. 10.6.4 ДСТУ Б В.2.7-82:2010 [113] за умови середньої швидкості збільшення навантаження 0,5 Н/с із розширеним діапазоном невизначеності методики виконання вимірювань на рівні $\pm 10,0$ %;

в) випробування границі міцності при згині на стенді з опорними пластинами згідно п. 10.6.5 ДСТУ Б В.2.7-82:2010 [113] при середній швидкості наростання навантаження 0,5 Н/с (для вимірювання використовують зразки-зломи після випробування границі міцності при згині) з розширеним діапазоном невизначеності методики виконання вимірювань на рівні $\pm 12,0$ %.

Для вимірювання величини руйнівного навантаження використаний лабораторний прес марки ПСУ-10 у комплексі із системою вимірювання навантаження СІ-02 з граничною похибкою засобу вимірювальної техніки ± 2 %.

Границя міцності при стиску одного зразка R_c у МПа обчислена за формулою:

$$R_c = \frac{P_i}{25} \quad (2.1)$$

де P_i – величина руйнівного навантаження, визначена інструментально в результатів випробування зразка будівельного матеріалу, Н;

25 – площа робочої поверхні пластин пресу, в умовах стандартного експерименту, 25 см^2 ;

Границя міцності на розтяг при згині R_z у МПа обчислена за формулою:

$$R_z = 0,0234 \times F \quad (2.2)$$

де F – величина руйнівного навантаження, визначена інструментально, Н;

0,0234 – коефіцієнт перерахунку розподілення руйнівного навантаження між опорами стенду, МПа/Н;

Щільність зразків P_o у кг/м^3 обчислена за формулою:

$$P_o = \frac{m_i}{256000} \cdot 10^6 \quad (2.3)$$

де m_i – маса зразка-балочки, визначена інструментально, г;

256000 – об'єм стандартного зразка-балочки розмірами $(40 \times 40 \times 160)$ мм, мм^3 ;

10^6 – коефіцієнт перерахунку одиниць вимірювань, $\text{мм}^3/\text{м}^3$.

2.5. Опис методик інструментального вимірювання поглинальної здатності сорбентів нафтопродуктів

Планування й постановка дослідження властивостей запропонованих у дисертаційній роботі сорбентів нафтопродуктів спирається на відомий науковий досвід вирішення подібного роду завдань [116 - 122]. Ефективність цільового використання сорбентів нафтопродуктів оцінюють за показником поглинальної здатності – кількості маси або об'єму поглинутої або сорбованої забруднювальних речовини на одиницю ваги або об'єму

сорбенту. Цей параметр є ключовим для оцінювання якісних та кількісних параметрів сорбентів нафтопродуктів, зокрема:

- визначення оптимального компонентного складу сорбенту;
- обґрунтування ефективної фракції сорбенту;
- визначення впливу гігроскопічного зволоження сорбенту;
- дослідження кінетичних характеристик процесу насичення сорбенту, тощо.

У практиці розробки матеріалів для локалізації та ліквідації розливів нафтопродуктів відсутній єдиний регламент експериментального визначення поглинальної здатності. Деякі дослідники [120, 123, 124] використовують непрямий гравіметричний метод вимірювання за ТУ 214-10942238-03-98, або оригінальні методики [116 - 118], що метрологічно подібні на гравіметричний метод вимірювання сорбційної вологості [125 - 127]. Для декларації якості промислових сорбентів нафтопродуктів типів Spill-Sorb та НЕС використовують прямий гравіметричний метод вимірювання [125], та його модифікацію [128] для сорбентів на основі природних матеріалів. У міжнародній практиці наукових досліджень [129, 130, 134] та практичних розробок [131 - 133] для оцінки експлуатаційних властивостей сорбентів нафтопродуктів використовують стандартні тести регламентів ASTM F-716 [135] або ASTM F-726 [136].

У рамках дисертаційної роботи поглинальну здатність сорбентів нафтопродуктів P вимірювали експериментально з використанням оригінальної гравіметричної методики виконання вимірювань [137]. Ця методика спирається на гравіметричний статичний метод вимірювання [136] та пройшла валідацію згідно вимог міжнародних [138, 139] та національних регламентів [140, 141].

Виконання вимірювань показника поглинальної здатності P за методикою [137] виконано в такій послідовності дій:

- а) калібрована колонка поглинальна з пробою сорбенту встановлюється на штативі у верхньому положенні над ванною із сорбатом;

б) штатив із розміщеними в ньому колонками поглинальними поступово переводять у нижнє положення, занурюючи колонки в сорбат;

в) після урівноваження рівнів сорбату у ванні, колонки фіксуються для насичення сорбенту сорбатом. Час насичення вимірюється за лабораторним годинником;

г) після визначеного часу насичення колонки поглинальні переводяться у верхнє положення штативу для стікання залишків сорбату. Залишки сорбату на поверхні колонки видаляються фільтрувальним папером;

д) кожену колонку поглинальну разом із стаканом під колонку зважують із точністю до 0,1 мг на вагах лабораторних;

е) показник поглинальної здатності сорбенту P у грамах сорбату на один грам сорбенту обчислюється за формулою:

$$P = \frac{\sum_{i=1}^{n=5} P(i)}{n} \quad (2.4)$$

$$P(i) = \frac{mk_1(i) - mk_0(i) - \Delta mk(i)}{mk_0(i) - mk(i)} \quad (2.5)$$

де: $P(i)$ – результат одиничного вимірювання показника поглинальної здатності сорбенту з порядковим номером паралелі i , г/г;

i – порядковий номер паралелі дослідів;

n – кількість паралелей дослідів, не менше 5;

$mk_1(i)$ – маса колонки із сорбентом після насичення з порядковим номером паралелі i , г;

$mk_0(i)$ – маса колонки із сорбентом до насичення з порядковим номером паралелі i , г.

$\Delta mk(i)$ – поправка маси колонки з порядковим номером паралелі i , г;

$mk(i)$ – маса колонки, яку використали для вимірювання з порядковим номером паралелі i , г.

Математичне очікування п'яти паралельних вимірювань однорідної проби сорбенту приймається для обчислення показника поглинальної здатності. Для обчислення показника P використовуються значення, які

перевірені на викид за критерієм Грабса згідно ISO 5725-2 [139]. Контроль похибки виконання вимірювань показника P проводять за відхиленням показника відносної похибки $ts(i)$ для серії вимірювань від граничного значення похибки за методикою. Рішення про задовільність похибки приймають за такої умови:

$$ts(j) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (P(i) - P)^2}{n-1}} \cdot \frac{t(0,975;(n-1))}{\sqrt{n} \cdot P} \leq 0,01 \cdot \delta \quad (2.6)$$

де: $P(i)$ – результат одиничного вимірювання показника поглинальної здатності сорбенту з порядковим номером паралелі i , г/г;

P – математичне очікування значень результатів одиничних вимірювань показника поглинальної здатності сорбенту, г/г;

i – порядковий номер паралелі дослід;

n – кількість паралелей дослід, значення яких задовольняють критерій Грабса;

$t(0,975;(n-1))$ – значення критерію Стьюдента для довірчого інтервалу за довірчої імовірності $P=0,95$ для середнього результату n паралельних вимірювань згідно ДСТУ ISO 2602:2006 [141];

δ – граничне значення розширеного діапазону невизначеності похибки вимірювання за методикою згідно табл. В.1 Додатку В, %.

Відбір проб зразків сорбентів для аналізу виконано згідно ГОСТ 16189-70 [45] та настанов ДСТУ ISO 10381 [80 - 82]. Для експериментального дослідження використані зразки сорбентів масою від 5 г.

Під час дослідження впливу фракційного складу сорбенту на його поглинальну здатність підготовку проб виконували методом ситового фракціонування [80] з використанням сит зі стандартними отворами розміром від 0,1 до 10,0 мм.

Під час дослідження впливу відносного зволоження проб сорбентів на процеси насичення оцінка вмісту різних форм вологи в складі сорбенту (середня проба з домінуючими фракціями 2...5 мм – 50 ваг. %, 5...10 мм –

35 ваг. %) була виконана гравіметричним методом у відповідності до норм ГОСТ 12597 [142] та ДСТУ ISO 11465 [143]. Вимірювання часу насичення сорбентів виконано для зразків з усередненим фракційним складом за їх природної вологості.

2.6. Висновки до розділу 2

Узагальнюючи дані та описи методик виконання вимірювань, які наведені в розділі, можна дійти таких висновків:

1. Загальне планування та постановка експериментів дисертаційної роботи методологічно спирається на досвід у галузі поводження з відходами рослинного походження та настанови нормативних документів.

2. Наведені в розділі методики виконання вимірювань повною мірою відображають експерименти, результати яких представлені в наступних розділах дисертаційної роботи.

3. Для оцінки впливу спалювання опалого листя на стан атмосферного повітря населених міст (п. 3.1 дисертаційної роботи) сформований експеримент, що передбачає спалювання опалого листя на модельному майданчику з паралельним вимірювання вмісту забруднювальних речовин у атмосферному повітрі. Для визначення концентрацій забруднювальних речовин доцільно використати стандартизовані методи хімічного (фотоколориметрія), фізико-хімічного (потенціометрія) та гравіметричного аналізу.

4. Для вимірювання вмісту сполук важких металів у опалому листі зон зелених насаджень міста Дніпро (п. 3.2 дисертаційної роботи) сформований комплексний експеримент. Експеримент включає багаторічний відбір проб опалого листя на дослідних майданчиках та визначення вмісту сполук важких металів стандартизованими методами фізико-хімічного аналізу (атомно-адсорбційна спектрометрія).

5. Для дослідження експлуатаційних властивостей запропонованого будівельного композиту (розділ 4 дисертаційної роботи) доцільно

використати комплексні деформаційно-механічні випробування, що включають: вимірювання міцності при стиску, міцності на розтяг при згині та щільності.

6. Вимірювання показників поглинальної здатності сорбентів нафтопродуктів має низку специфічних метрологічних особливостей. У рамках експериментальної частини (п. 5.2 та п. 5.4 дисертаційної роботи) запропоновано оригінальну гравіметричну методику, яка пройшла процедуру валідації. Запропонована методика має метрологічні характеристики показника розширеного діапазону невизначеності в межах 7...21 %.

Матеріали другого розділу висвітлені в опублікованих працях 1, 2, 5 - 7, 10, 11, 18, 27 згідно переліку у додатку Е.

РОЗДІЛ 3.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТРАДИЦІЙНИХ МЕТОДІВ ПОВОДЖЕННЯ З ОПАЛИМ ЛИСТЯМ НА СТАН НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ

3.1. Оцінка впливу спалювання опалого листя на стан атмосферного повітря населених міст

Як зазначалось у першому розділі дисертаційної роботи, спалювання опалого листя – серйозна проблема екологічної та санітарної безпеки населених міст. Спалювання опалого листя та інших сезонних відходів рослинного походження поширено на такому ж рівні, як і традиційні методи поводження – захоронення та компостування. На відміну від останніх, спалювання опалого листя спричиняє до значного забруднення приземних шарів атмосфери суспендованими частками та аерозолями різної хімічної природи [144, 145].

Для оцінки впливу несанкціонованого спалювання опалого листя на стан атмосферного повітря поставлений модельний експеримент. У рамках експерименту проведено вимірювання вмісту забруднювальних речовин у приземному шарі атмосфери в зоні впливу місця спалювання. Методологія експерименту та опис методик виконання вимірювань наведені в другому розділі дисертаційної роботи.

У табл. 3.1 представлені узагальненні результати вимірювання концентрації забруднювальних речовин у приземному шарі атмосфери в зоні впливу від місць спалювання опалого листя.

Дані, представлені в табл. 3.1, згруповані за місцем відбору проби та часом від початку горіння. Мінімальний період відбору об'єднаної проби склав 20 хв. Проби за позначкою «I», «II» та «III» характеризують не тільки послідовність відбору проб, а й температурний режим горіння опалого листя, а саме:

Таблиця 3.1

Результати вимірювання концентрації забруднювальних речовин у приземному шарі атмосфери в зоні впливу від місць спалювання опалого листя

Позначення місця відбору об'єднаної проби		Забруднювальна речовина								
		Азоту діоксид	Ацетон та інші кетони в перерахунку на ацетон	Вуглецю оксид	Оцтова кислота та оцтовий ангідрид у перерахунку на оцтову кислоту	Суспендовані речовини	Ангідрид сірчистий	Фенол та його похідні в перерахунку на фенол	Фурфурол	Температура
		Розширений діапазон невизначеності результату вимірювання, $\pm\sigma$ (P=0,95, n=2), %								
		10	15	5	25	25	5	25	17	0,5
		Концентрація забруднювальної речовини C_i , мг/м ³								
Навітряна сторона, 5 м	I	0,670	0,310	3,800	0,330	1,620	0,330	0,005	0,016	36,2
	II	1,470	0,460	6,300	0,510	0,210	0,610	0,011	0,053	30,4
	III	0,930	0,360	7,200	0,190	0,460	0,110	0,010	0,035	24,8
	\bar{C}_i	1,023	0,377	5,767	0,343	0,763	0,350	0,009	0,035	30,5
Навітряна сторона, 30 м	I	0,520	0,270	2,900	0,270	1,430	0,290	0,003	0,011	19,3
	II	1,030	0,330	4,400	0,380	0,180	0,510	0,007	0,031	17,6
	III	0,550	0,270	5,600	0,110	0,380	0,090	0,008	0,018	15,5
	\bar{C}_i	0,700	0,290	4,300	0,253	0,663	0,297	0,006	0,020	17,5
Питома зміна концентрації	I	0,78	0,87	0,76	0,82	0,88	0,88	0,60	0,69	0,53
	II	0,70	0,72	0,70	0,75	0,86	0,84	0,64	0,58	0,58
	III	0,59	0,75	0,78	0,58	0,83	0,82	0,80	0,51	0,63
	\bar{C}_i	0,68	0,77	0,75	0,74	0,87	0,85	0,69	0,58	0,57
Підвітряна сторона (контрольна проба)	I	0,010	0,000	0,000	0,000	0,070	0,000	0,000	0,000	12,4
	II	0,030	0,000	0,000	0,000	0,050	0,010	0,000	0,000	13,1
	III	0,010	0,000	0,000	0,000	0,080	0,000	0,000	0,000	13,2
	Сер.	0,017	0,000	0,000	0,000	0,067	0,003	0,000	0,000	12,9

а) «І» – період розпалювання, 0...20 хв від початку горіння, зона найбільшої середньої температури;

б) «ІІ» – період основного горіння, 20...40 хв. від початку горіння, зона середніх температур горіння;

в) «ІІІ» – період закінчення активного горіння, тління, 40...60 хв. від початку горіння, зона найменших середніх температур.

Аналіз даних, наведений у табл. 3.1, свідчить, що спалювання опалого листя спричиняє викиди всіх досліджуваних речовин у широких межах концентрацій. Порівнюючи отримані результати з фоновими значеннями контрольної проби можна дійти висновку, що збільшення концентрацій азоту діоксиду та суспендованих речовин сягає до 50...100 разів. Вміст досліджуваних речовин в об'єднаній пробі атмосферного повітря залежить як від відстані до джерела утворення викиду, так і від часу відбору проби. Найбільша емісія суспендованих речовин спостерігається для періоду розпалювання. Найбільші емісії азоту діоксиду, ацетону, оцтової кислоти, ангідриду сірчистого, фенолу та фурфуролу спостерігаються в період основного горіння опалого листя. Для періоду тління характерні значні емісії вуглецю оксиду та фенолу.

Збільшення відстані від джерела викиду в шість разів призводить до зменшення концентрації забруднювальних речовин у середньому на 15...20 %. Високу здатність до розсіювання демонструють фурфурол, феноли та азоту діоксид (до 25 %).

У практиці [84 - 86, 146] оцінювання рівня забруднення атмосферного повітря використовують декілька методів та підходів, які базуються на індивідуальному або груповому порівнянні вмісту забруднювальних речовин із нормативами санітарно-екологічної безпеки. У табл. 3.2 представлені результати узагальнення санітарно-гігієнічних характеристик досліджуваних забруднювальних речовин.

Санітарно-гігієнічна характеристика забруднювальних речовин [85]

Забруднювальна речовина	Азоту діоксид	Ацетон та інші кетони в перерахунку на ацетон	Вуглецю оксид	Оцтова кислота та оцтовий ангідрид у перерахунку на оцтову кислоту	Суспендовані речовини	Ангідрид сірчистий	Фенол та його похідні в перерахунку на фенол	Фурфурол
Код забруднювальної речовини	301	1401	1586	1551	1305	330	1502	-
ГДК м.р., мг/м ³	0,2	0,35	5	0,1	0,5	0,5	0,01	0,05*
ГДК с.д., мг/м ³	0,04	0,35	3	0,03	0,15	0,05	0,003	0,05*
Клас небезпеки	2	4	4	3	3	3	2	3
Корегуючий коефіцієнт [84, 183]	1,3	0,9	0,9	1	1	1	1,3	1
*ОБРВ – орієнтовно безпечний рівень впливу								

З огляду на специфіку постановки експерименту (локальний характер оцінювання, одиничний характер спостереження), для оцінки рівня санітарно-екологічної небезпеки доцільно використовувати індивідуальні стандартні індекси забруднення атмосферного повітря $СІЗА_i$ [146], та їх сумарне значення $СІЗА_\Sigma$ [85], які обчислюються за формулою:

$$СІЗА_i = \frac{\bar{C}_i}{ГДК_i}, \text{ од.}, \quad (3.1)$$

$$СІЗА_\Sigma = \sum_{i=1}^n (СІЗА_i), \text{ од.}, \quad (3.2)$$

де: $СІЗА_i$ – стандартний індекс забруднення атмосферного повітря i -тою

забруднювальною речовиною, од.;

$СІЗА_{\Sigma}$ – сумарний стандартний індекс забруднення атмосферного повітря, од.;

\bar{C}_i – середнє значення концентрації забруднювальної речовини в об'єднаній пробі за табл. 3.1, мг/м³;

ГДК_i – санітарно-гігієнічний норматив вмісту і-тої забруднювальної речовини (ГДК м.р. або ГДК с.д.) за табл. 3.2, мг/м³.

Результати обчислення показників $СІЗА_i$ та $СІЗА_{\Sigma}$ досліджуваних забруднювальних речовин наведено в табл. 3.3. З огляду на відсутність оцінок повного розсіювання забруднювальних речовин та тимчасовий характер впливу стандартні індекси обчислено за нормативами ГДК м.р. та в довідкових цілях – ГДК с.д. для проб на відстані 30 м. Для оцінки санітарно-гігієнічного ризику використані стандартні значення $СІЗА_i$, а саме [85]:

- низький при $СІЗА_i \leq 1,0$;
- підвищений при $1,0 < СІЗА_i \leq 5,0$;
- високий при $5,0 < СІЗА_i \leq 10,0$;
- дуже високий при $СІЗА_i > 10,0$.

Аналіз даних у табл. 3.3 свідчить, що у місцях спалювання опалого листя створюється зона високої небезпеки за вмістом азоту діоксиду та підвищена зона небезпеки за вмістом оцтової кислоти, ацетону, вуглецю оксиду та суспендованих часток (навіть для короткострокового перебування людини в зоні впливу). За цих обставин сумарний індекс $СІЗА_{\Sigma}$ становить 10...14 пунктів, що характерне для допустимого ризику для здоров'я населення.

Якщо проводити екологічну оцінку для довгострокового перебування людини, в місцях спалювання опалого листя створюється зона з дуже високим ризиком за вмістом азоту діоксиду, високим за вмістом оцтової кислоти та ангідриду сірчистого та високим за вмістом вуглецю оксиду, суспендованих речовин та фенолу. У цьому випадку сумарний індекс $СІЗА_{\Sigma}$

сягає значення 41, що характеризує недопустимий ризик для здоров'я населення.

Таблиця 3.3

Результати обчислення Індексу забруднення атмосфери в 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			
Сумарний індекс забруднення атмосфери, СІЗА _Σ	14,6	10,67	40,95
Комплексний індекс забруднення атмосфери з 3 найбільшими, КІЗА ₃ *	13,31 (0,75)	8,96 (0,74)	55,68 (0,85)
Комплексний індекс забруднення атмосфери з 5 найбільшими, КІЗА ₅ *	15,52 (0,88)	10,67 (0,88)	63,95 (0,98)
*У дужках наведено питому долю показника від сумарного індексу забруднення атмосфери СІЗА _Σ			

Для аналізу питомого внеску кожної забруднювальної речовини в сумарний індекс СІЗА_Σ на рис. 3.1 представлені дані табл. 3.3 у вигляді нормалізованої діаграми.

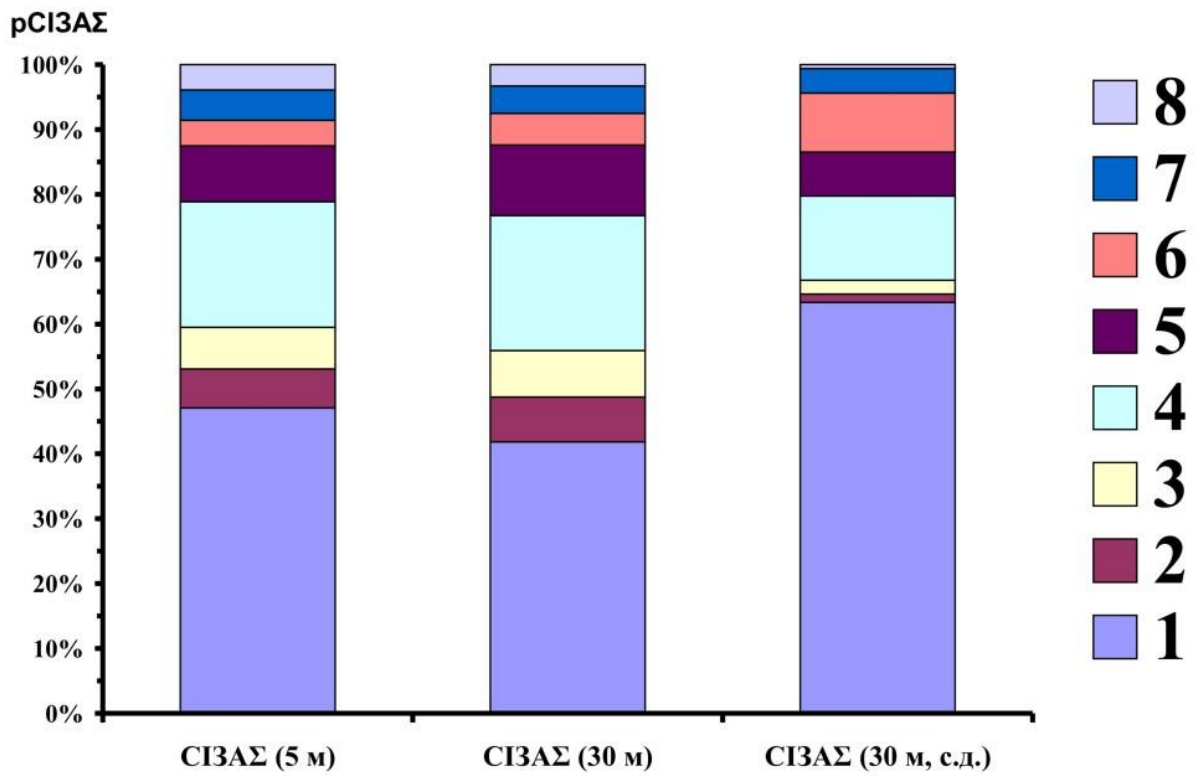


Рисунок 3.1 – Залежність структури сумарного індексу забруднення атмосфери від відстані до місця спалювання опалого листя

Індивідуальний питомий внесок забруднювальної речовини: 1 - азоту діоксид, 2 - ацетон та інші кетони, 3 - вуглецю оксид, 4 - оцтова кислота та оцтовий ангідрид, 5 - суспендовані речовини, 6 - ангідрид сірчистий, 7 - фенол та його похідні, 8 - фурфурол

Аналіз залежностей на рис. 3.1 свідчить, що в місцях спалювання опалого листя домінуючий вплив на якість атмосферного повітря мають азоту діоксид, оцтова кислота та оцтовий ангідрид, суспендовані речовини та, у меншій мірі, – сірчистий ангідрид та фенол. Зміна відстані від місця спалювання опалого листя в загальному випадку не впливає на питому структуру сумарного індексу СІЗА_Σ.

У практиці комплексної оцінки санітарно-екологічної безпеки атмосферного повітря використовують узагальнений показник КІЗА – комплексний індекс забруднення атмосфери. Використати цей показник

досить важко, враховуючи специфіку постановки експерименту та відсутність даних багаторазових досліджень. Разом із цим, спалювання опалого листя – є сезонною проблемою урбанізованих територій, яка має локальний характер. З огляду на ці обставини, комплексну оцінку отриманих результатів (табл. 3.1) виконано за аналогією для 3 та 5 найбільших показників СІЗА_i. Обчислення комплексних індексів забруднення атмосфери КІЗА₃ та КІЗА₅ (табл. 3.3) виконано за формулою:

$$\text{КІЗА}_3 = \sum_{i=1}^3 \left(\frac{\bar{C}_i}{(\text{ГДК}_i)^K} \right), \text{ од.}, \quad (3.3)$$

$$\text{КІЗА}_5 = \sum_{i=1}^5 \left(\frac{\bar{C}_i}{(\text{ГДК}_i)^K} \right), \text{ од.}, \quad (3.4)$$

де: КІЗА₃ та КІЗА₅ – комплексний індекс забруднення атмосферного повітря за 3-ома та 5-тьома забруднювальними речовинами відповідно, од.;

\bar{C}_i – середнє значення концентрації забруднювальної речовини в об'єднаній пробі за табл. 3.1, мг/м³;

ГДК_i – санітарно-гігієнічний норматив вмісту і-тої забруднювальної речовини (ГДК м.р. або ГДК с.д.) за табл. 3.2, мг/м³.

K - корегуючий коефіцієнт, який враховує відношення санітарного нормативу і-ої забруднювальної речовини до санітарного нормативу сірчистого ангідриду за табл. 3.2, од.

Для оцінки обчислених індексів забруднення атмосфери КІЗА₃ та КІЗА₅ (табл. 3.3) використано стандартну шкалу санітарно-екологічного ризику якості атмосферного повітря (рис. 3.2):

- низький при $\text{КІЗА}_i \leq 3,0$;
- середній при $3,0 < \text{КІЗА}_i \leq 6,0$;
- високий при $6,0 < \text{КІЗА}_i \leq 7,0$;
- дуже високий при $7,0 < \text{КІЗА}_i \leq 10,0$;
- небезпечний при $\text{КІЗА}_i > 10,0$.

Обчислені показники КІЗА₃ та КІЗА₅ на 75...88 % враховують ризики всіх досліджуваних забруднювальних речовин за показником СІЗА_Σ. Це

свідчить про домінуючий вплив певних забруднювальних речовин та можливість використання вибірових показників оцінювання.

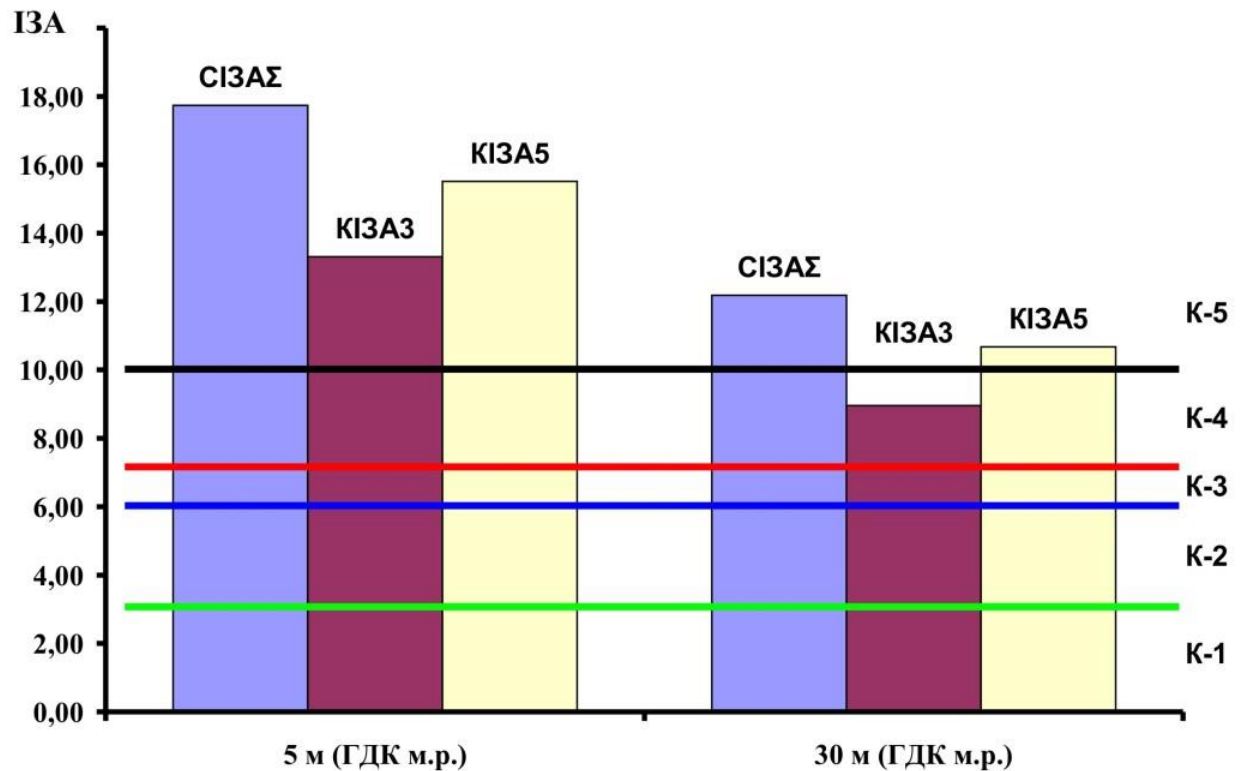


Рисунок 3.2 – Діаграма залежності узагальнених показників забруднення атмосфери від відстані до місця спалювання опалого листа

Умовні категорії ризику якості атмосферного повітря: К-1 – низький, К-2 – середній, К-3 – високий, К-4 – дуже високий, К-5 – небезпечний

Аналіз залежностей на рис. 3.2 свідчить, що в зоні спалювання опалого листа показник КІЗА у недопустимих межах дуже високого та небезпечного ризику для здоров'я населення. У безпосередній близькості до місць спалювання показник КІЗА сягає 13...15 од., що характеризує небезпечний ризик навіть при короткостроковій експозиції на органи дихання людини.

3.2. Дослідження вмісту сполук важких металів у опалому листі зон зелених насаджень міста Дніпро

Клас безпеки (токсичності) відходу безпосередньо пов'язаний із токсикологічним впливом (класом безпеки) хімічних компонентів відходу та їх міграційною здатністю. Профільні оцінки [96, 147 - 150] рівнів ГДК у

грунтах розрізняються за лімітуючим показником шкідливості сполук – здатності забруднювальної речовини до міграції в умовах навколишнього середовища. З одного боку, опале листя дерев є компонентом екосистеми. Отже, його типовий якісний і кількісний склад не становить небезпеки, тому що екосистема природним чином здатна засвоювати цей вид відходів. З іншого боку, антропогенне забруднення зумовлює якісні та кількісні зміни хімічного складу опалого листя. У контексті сказаного можна припустити, що органічні компоненти даного відходу не вимагають вивчення, а основну оцінку екологічної небезпеки слід проводити за вмістом сполук важких металів.

У рамках дисертаційної роботи визначена кількість валових та міграційних форм важких металів у пробах опалого листя, а саме:

- валова форма важких металів ($W_{\text{вал.}}$) – кислотна витяжка на основі суміші азотної кислоти й пероксиду водню;
- рухома (у тому числі транслокаційна) форма важких металів ($W_{\text{рух.}}$) – кисла витяжка на основі ацетатно-амонійного буферного розчину;
- водно-міграційна форма важких металів ($W_{\text{вод.}}$) – водна витяжка.

Методика постановки експерименту, метрологічні характеристики методик виконання вимірювань та характеристика місць відбору проб наведені у 2 розділі дисертаційної роботи.

Результати атомно-адсорбційної спектроскопії проб відходів представлені в табл. Г.1 Додатку Г. Усі представлені результати вимірювань відповідають оперативному нормативу контролю збіжності (для кожної з методик виконання вимірювань) та наведені без позначення абсолютного відхилення. З огляду на велике територіальне й інгредієнтне охоплення об'єктів дослідження, а також значну кількість однотипних проб, у табл. Г.1 наведені усереднені результати вмісту важких металів у різних пробах, які були згруповані за місцями їх відбору:

- опале листя зон зелених насаджень у парках (позначення П);

- опале листя зон зелених насаджень прибудинкової території житлових масивів (позначення Ж);

- опале листя зон зелених насаджень поблизу транспортних магістралей (позначення Т).

Результати експериментальних досліджень (табл. Г.1) свідчать, що в складі опалого листя міститься група сполук важких металів у концентраціях, що не перевищують відповідні значення ГДК валового вмісту у ґрунтах. Відповідно, опале листя у загальному значенні не є забрудненим та не створює прямих ризиків екологічній безпеці для ґрунтів у місцях утворення та первинного накопичення. Отримані результати свідчать, що:

- для проб усіх досліджуваних ділянок зафіксований найбільший валовий вміст сполук Fe, Mn та Zn на рівні 20...50 мг/кг;

- валовий вміст сполук Ni, Pb та Cu у опалому листі становить 8...16 мг/кг;

- розподіл вмісту сполук металів для проб опалого листя з паркових зон та зон житлової забудови є однорідним (для всіх досліджуваних форм);

- вміст сполук металів у опалому листі зон зелених насаджень поблизу транспортних магістралей на 10...30 % (для Cd – у 3,5 рази) перевищує відповідні показники з інших ділянок;

- вміст рухомих форм важких металів (Cd, Ni, Pb, Cu, Zn) не перевищує 0,05...0,1 % від валового вмісту, у той час як 20...50 % сполук Fe та Mn міститься в рухомих формах.

Окремої уваги потребують аналіз мінливості вмісту сполук важких металів у опалому листі за весь період спостережень (з 2011 до 2017 роки). Отримані результати свідчать, що вміст валових та рухомих форм сполук металів у опалому листі має як просторову, так і часову мінливість.

Для оцінки рівня просторової та часової мінливості вмісту сполук металів у опалому листі доцільно використати показник вибіркового коефіцієнта варіації CV. Коефіцієнт є простим та інформативним показником для оцінки відтворюваності результатів спостережень, який на довірчому

рівні характеризує розсіювання результатів в умовах відтворюваності багаторазових вимірювань [151, 152]. Обчислення вибіркового коефіцієнта варіації CV (табл. 3.4) виконано за формулою:

$$CV = \frac{S(C_i)}{\bar{C}_i}, \text{ од.}, \quad (3.5)$$

де: $S(C_i)$ – середнє квадратичне відхилення показника C_i у досліджуваній вибірці, табл. Г.1, мг/кг;

\bar{C}_i – середнє арифметичне значення показника C_i у досліджуваній вибірці, табл. Г.1, мг/кг.

Результати обчислення коефіцієнта варіації CV для показників вмісту сполук металів у опалому листі представлені в табл. 3.4. Вихідна вибірка для обчислення згрупована за всіма роками спостережень для кожного з типів зон зелених насаджень, а також для повної усередненої проби. Для спрощення аналізу показники варіації згруповані за формами вмісту сполук важких металів. Критерієм відповідності використання значення розширеного діапазону невизначеності методики виконання вимірювань ($\pm\sigma$), що відповідає загальній практиці статистичної обробки результатів вимірювань [152].

Аналіз даних, представлених у табл. 3.4, свідчить:

- варіація вмісту сполук металів для кожного типу зон зелених насаджень менша за відповідне значення повної усередненої проби;

- для проб, об'єднаних за часом спостереження та згрупованих за місцями відбору проб, варіація валового вмісту сполук металів відповідає нормативному значенню ($CV < \pm\sigma$);

- для повної усередненої проби варіація валового вмісту сполук металів перевищує нормативне значення ($CV > \pm\sigma$) для більшості досліджуваних металів (Fe, Zn, Pb, Cd);

- найбільші показники варіації характерні для вмісту рухомих форм у пробах опалого листя із зон поблизу транспортних магістралей.

Варіація вмісту сполук важких металів у пробах опалого листя
різних зон зелених насаджень

Метал	Усереднена проба	Місце відбору проби			$\pm \sigma$ (P=0,95)
		Паркові зони	Житлова забудова	Транспортні магістралі	
Вибірковий коефіцієнт варіації CV показника $W_{вал}$					
Fe	0,44	0,06	0,05	0,06	0,24
Mn	0,23	0,13	0,04	0,11	0,26
Zn	0,23	0,13	0,09	0,17	0,22
Ni	0,23	0,10	0,01	0,08	0,30
Pb	0,19	0,08	0,08	0,06	0,17
Cu	0,19	0,21	0,10	0,22	0,22
Cd	0,81	0,12	0,13	0,18	0,31
Вибірковий коефіцієнт варіації CV показника $W_{рух.}$					
Fe	0,35	0,04	0,07	0,03	0,24
Mn	0,17	0,03	0,07	0,08	0,26
Zn	0,66	0,80	0,32	0,36	0,22
Ni	0,41	0,41	0,07	0,34	0,30
Pb	1,01	0,16	0,12	0,46	0,17
Cu	0,39	0,31	0,22	0,44	0,22
Cd	1,04	0,12	0,11	0,43	0,31
Вибірковий коефіцієнт варіації CV показника $W_{вод.}$					
Fe	0,26	0,04	0,06	0,13	0,24
Mn	0,45	0,21	0,23	0,14	0,26
Zn	0,33	0,25	0,24	0,52	0,22
Ni	0,34	0,35	0,29	0,33	0,30
Pb	0,24	0,32	0,13	0,30	0,17
Cu	0,27	0,44	0,18	0,21	0,22
Cd	0,32	0,16	0,00	0,16	0,31

Узагальнюючі отримані результати можна дійти висновку, що вплив чинника місця відбору опалого листя домінує над чинником часу. Тому показники санітарно-екологічної безпеки для повної узагальненої проби не будуть репрезентативними. Відповідно, подальше обчислення та оцінка класу небезпеки відходів у вигляді опалого листя виконана окремо для кожної групи місць відбору проб.

3.3. Оцінка класу екологічної небезпеки опалого листя зон зелених насаджень міста Дніпро

Для комплексної оцінки впливу відходів на навколишнє природне середовище та здоров'я населення використовуються критерій санітарно-екологічної безпеки – клас небезпеки відходу. Проблеми паспортизації та класифікації відходів рослинного походження мають низку недоліків та суперечностей [153 - 155]. У практиці найбільшого поширення набула класифікація в залежності від фізико-хімічних та біологічних властивостей усієї маси відходу або його окремих інгредієнтів [5]. Саме цей нормативний підхід було використано для оцінки потенційного рівня екологічної небезпеки опалого листя різних зон зелених насаджень.

У загальному випадку оцінка класу небезпеки відходів здійснюється експериментальним шляхом або розрахунковим методом. Через те, що опале листя наразі переважно видаляється методами захоронення на полігонах твердих побутових відходів, оцінку його рівня небезпеки проведено розрахунковим методом [5] з використанням значень ГДК відповідних металів у ґрунті [156, 157]. Визначення класу небезпеки опалого листя виконано за розрахунковим загальним та вибіркоким індексом небезпеки відходу $K_{\Sigma}(v)$, який обчислено за формулою:

$$K_i = \frac{\text{ГДК}_i}{(S_i + 0,1 \times F_i + W_{\text{рух.}i})}, \text{ од.}, \quad (3.2)$$

$$K_{\Sigma}(z) = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (K_i(z)), \quad K_{\Sigma}(v) = \frac{1}{n^2} \cdot \sum_{i=1}^n (K_i(v)), \quad n \leq 3, \text{ од.}, \quad (3.3)$$

де: K_i – коефіцієнт небезпеки i -металу в опалому листі, од.;

$K_{\Sigma}(v)$ – розрахунковий вибіркоким індекс небезпеки відходу, од.;

$K_{\Sigma}(z)$ – розрахунковий загальний індекс небезпеки відходу, од.;

ГДК_i – граничнодопустима концентрація рухомої форми i -ого металу в ґрунті, мг/кг;

S_i – коефіцієнт розчинності i -ого металу у воді [5], мг/кг;

F_i – коефіцієнт леткості i -ого металу [5], мг/кг;

$W_{\text{рух. } i}$ – вміст рухомих форм i -ого металу у пробі опалого листа згідно табл. 3.4, мг/кг.

n – кількість досліджуваних сполук металів (для $K_{\Sigma}(з)$), од.;

n – кількість досліджуваних сполук металів, для яких виконується умова мінімального значення K_i за умови за умови $K_1 < K_2 < K_3$ та $2 \times K_1 > K_2$ або K_3 [5]

Для оцінки класу небезпеки відходів за розрахунковими індексами використана нормативна класифікація [5]:

- $K_{\Sigma} < 2,0$ для надзвичайнонебезпечних відходів I класу небезпеки;
- $2,0 < K_{\Sigma} \leq 16,0$ для високонебезпечних відходів II класу небезпеки;
- $16,0 < K_{\Sigma} \leq 30,0$ для помірнонебезпечних відходів III класу небезпеки;
- $K_{\Sigma} > 30,0$ для малонебезпечних відходів IV класу небезпеки.

Результати обчислення коефіцієнтів та індексів небезпеки опалого листа (як відходу) представлені в табл. 3.5 та сформовані за типами зон зелених насаджень та роками спостережень. Деталізація обчислень індексів небезпеки опалого листа наведена в табл. Г.2 Додатку Г. Аналіз проведених обчислень свідчить, що для всіх проб опалого листа із відхилення розрахункових індексів $K_{\Sigma}(в)$ від $K_{\Sigma}(з)$ не перевищує 20 %. Отже, встановлені за показником $K_{\Sigma}(в)$ класи небезпеки опалого листа є репрезентативними та можуть бути використані для оцінки санітарно-екологічної безпеки відходу.

Для всіх проб опалого листа санітарно-екологічна небезпека визначається підвищеним вмістом сполук Fe та Cu. Опале листя паркових зон характеризується додатковим забрудненням сполуками Ni, а опале листя інших типів зон – забрудненням сполуками Zn. Високий вміст сполук Fe – є лімітуючою ознакою небезпеки всіх досліджуваних проб опалого листа. Встановлена залежність розподілу вмісту сполук металів характерна для населених міст з агломераціями металургійної промисловості.

Індекси небезпеки відходів у вигляді опалого листя зон зелених насаджень
міста Дніпро

Тип місця відбору проб	Показник небезпеки відходу	Рік спостереження			
		2011	2013	2015	2017
Опале листя зон зелених насаджень у парках	$K_{\Sigma}(з)$	36,8	56,5	46,6	44,1
	Домінуючий вплив	Fe, Mn, Zn, Ni, Cu			Fe, Cu
	$K_{\Sigma}(в)$	31,4	50,4	46,9	39,5
	Домінуючий вплив	Fe, Cu			
	Клас небезпеки	IV			
Опале листя зон зелених насаджень прибудинкової території житлових масивів	$K_{\Sigma}(з)$	43,7	54,1	52,7	50,8
	Домінуючий вплив	Fe, Mn, Zn, Ni, Cu			
	$K_{\Sigma}(в)$	36,2	62,2	53,0	50,8
	Домінуючий вплив	Fe, Zn, Cu			
	Клас небезпеки	IV			
Опале листя зон зелених насаджень поблизу транспортних магістралей	$K_{\Sigma}(з)$	22,6	39,5	40,0	28,8
	Домінуючий вплив	Fe, Mn, Zn, Ni, Cu, Cd			Fe, Mn, Zn, Ni, Cu
	$K_{\Sigma}(в)$	16,3	30,2	32,3	29,6
	Домінуючий вплив	Fe, Zn, Cu			Fe, Cu
	Клас небезпеки	III	IV		III

Аналіз даних, представлених у табл. 3.5 та Г.2 Додатку Г, свідчить, що опале листя зон зелених насаджень міста Дніпро слід класифікувати як малонебезпечні відходи IV класу небезпеки. Слід зазначити, що сумарний індекс небезпеки відходу $K_{\Sigma}(в)$ зменшується в ряду «паркові зони» – «житлова забудова» – «транспортні магістралі». Виявлена залежність пояснюється тим, що збільшення рівня антропогенного забруднення атмосферного повітря в цих зонах призводить до збільшення вмісту сполук металів у масі листя та в пилові на його поверхні.

Для детального аналізу отриманих даних на рис. 3.3 представлена діаграма залежності індексу небезпеки опалого листя $K_{\Sigma}(в)$ за всі роки спостережень.

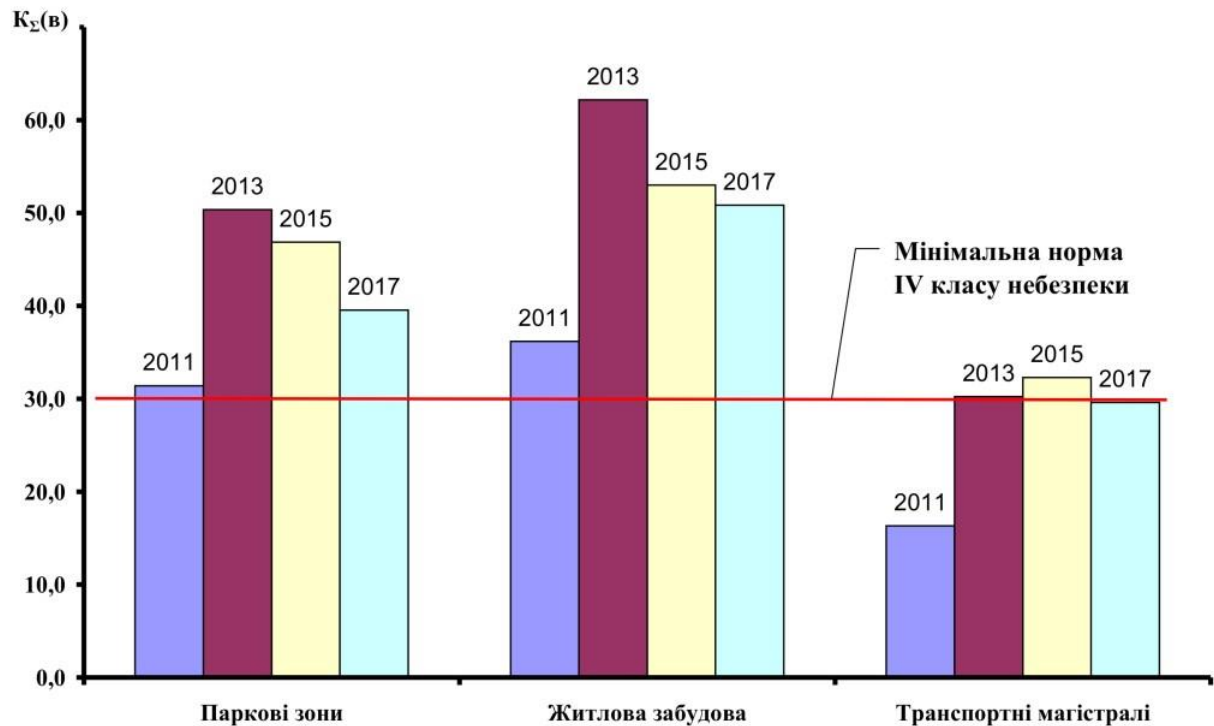


Рисунок 3.3 – Діаграма зміни розрахункового коефіцієнту класу небезпеки відходів у вигляді опалого листя різних зон зелених насаджень

Опале листя паркових зон та житлової забудови характеризується високими значеннями індексу небезпеки $K_{\Sigma}(в)$. За всі роки спостережень опале листя з цих зон класифікується як малонебезпечні відходи. Зміну показника $K_{\Sigma}(в)$ у періоди 2011-2013 та 2013-2017 можна пояснити зменшенням обсягів виробництва та викидів в атмосферне повітря в промисловій агломерації міста Дніпро, що підтверджується даними державних статистичних спостережень [159, 168].

Значення $K_{\Sigma}(в)$ для проб опалого листя, відібраних поблизу транспортних магістралей, відповідає межах III...IV класу небезпеки. Можна припустити, що з урахуванням абсолютної похибки методик вимірювань важких металів і стандартного відхилення отриманих усереднених результатів цей вид відходів слід віднести до малонебезпечних. Це виключає

спрощену схему подальшого використання та обігу цих відходів у різних видах господарської діяльності. Разом із цим, детальний розгляд даних у табл. 3.5 свідчить, що для всіх випадків лімітуючими для обчислення $K_{\Sigma}(в)$ є індекси токсичності (K_i) металів III класу токсичності. Водночас, вміст водорозчинних міграційних форм хімічних компонентів I і II класу токсичності на кілька порядків менший за відповідні значення ГДК. Можна стверджувати, що опале листя зон зелених насаджень міста Дніпро є малонебезпечними відходами IV класу небезпеки.

3.4. Дослідження особливості поверхневого забруднення опалого листя

Результати обчислення індивідуальних коефіцієнтів класу небезпеки K_i (табл. 3.5 та рис. 3.3) свідчать про специфічне накопичення валових та рухомих форм сполук важких металів у опалому листі. Обчислені коефіцієнти класу небезпеки K_{Σ} (у тому числі в багаторічній ретроспективі) доводять можливість використання опалого листя як вторинної сировини. Разом із цим, даний аналіз є неповним. Досліджувані відходи морфологічно складаються з двох компонентів: листові пластинки й пил різної дисперсності на їх поверхні [144, 154]. З огляду на перспективи промислового використання цих відходів, необхідно виокремити рівень вмісту сполук важких металів безпосередньо в листових пластинках від вмісту в поверхневому пилові.

Для реалізації цього завдання був поставлений додатковий експеримент, під час якого усереднені проби відходів опалого листя відмивалися дистильованою водою два рази (5 хвилин контакту проби з розчинником) за умови інтенсивного перемішування. У рамках дослідження співвідношення між відходами та розчинником для кожного з відмивань склало 1:20 вагових частин. Аналіз вмісту валових форм сполук важких металів у промитому та висушеному опалому листі виконаний аналогічно дослідженням у пункті 3.2 дисертаційної роботи.

Для оцінки вмісту сполук важких металів у поверхневому забрудненні опалого листя використаний показник залишкового вмісту $K_{\text{пов.}}$, який обчислений за формулою:

$$K_{\text{пов.}} = \frac{C_{B_i}}{C_i}, \text{ од.}, \quad (3.4)$$

де: C_{B_i} – валовий вміст сполук металу в відмитому опалому листі, мг/кг;

C_i – валовий вміст сполук металу в опалому листі до відмивання, мг/кг.

Результати обчислень показника $K_{\text{пов.}}$ представлені на рис. 3.4 у вигляді діаграми залежностей за кожним із досліджуваних важких металів для проб опалого листя різних зон зелених насаджень.

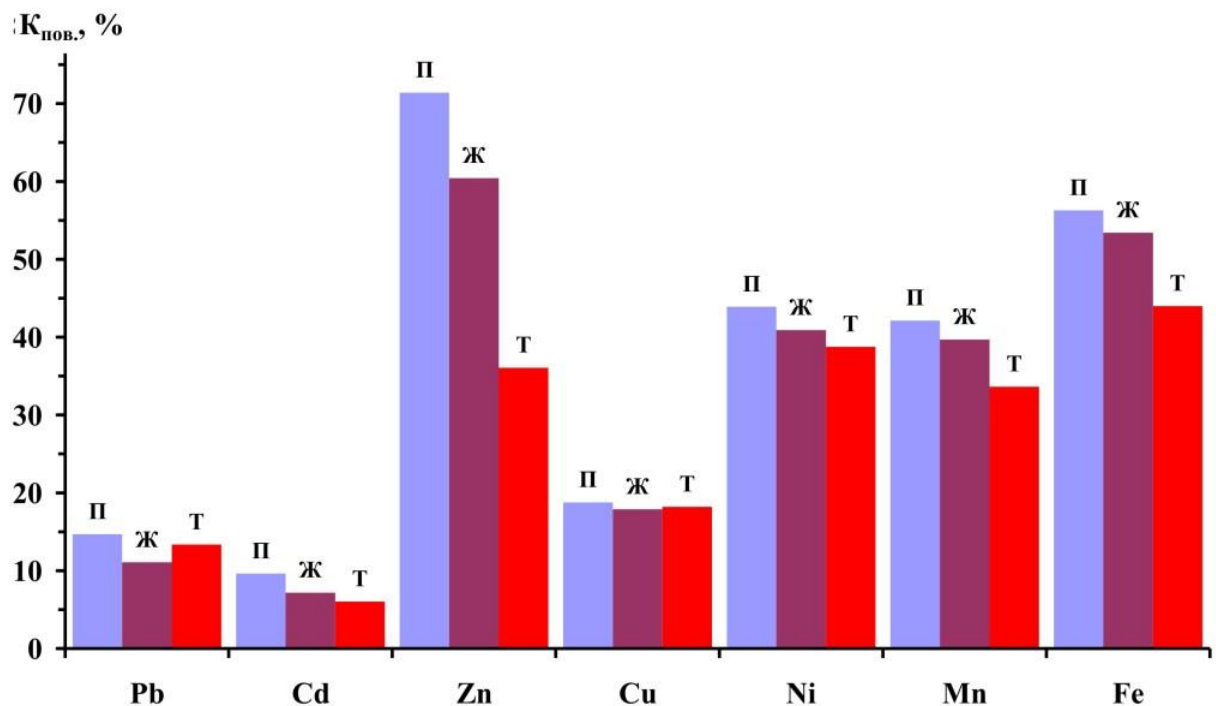


Рисунок 3.4 – Діаграма залежності поверхневого забруднення опалого листя різних зон зелених насаджень

Місця відбору проб: П – паркові зони; Ж - прибудинкові території житлових масивів,
Т - зони поблизу транспортних магістралей

Графічні залежності на рис. 3.4 показують, що поверхня опалого листя забруднена сполуками всіх досліджуваних металів. Залишковий вміст частково залежить від типу зон зелених насаджень – для паркових зон

спостерігається найменше поверхнєве забруднення, а для зон поблизу транспортних магістралей – найбільше. Поверхнєве забруднення опалого листя сполуками Fe, Mn, Zn сягає 50...65 % від початкового валового вмісту, Cu – 80...85 %, Pb та Cd – 90...95 %.

Аналізуючи залежності на рис. 3.4 можна дійти висновку, що природна запиленість відходів чинить домінуючий вплив на рівень їх забруднення важкими металами (особливо I-II класів токсичності – Cu, Pb та Cd). Підтверджує цю гіпотезу те, що зниження вмісту важких металів спостерігається для зон зелених насаджень із найбільшим запиленням поблизу транспортних магістралей. Відомі дані [96] дослідження рівнів забруднення об'єктів довкілля сполуками важких металів у місті Дніпро підтверджують цю гіпотезу.

Спираючись на виявлені закономірності, показники еколого-токсикологічної безпеки (K_1 та K_2 у табл. 3.5) для опалого листя зон житлової забудови та поблизу транспортних магістралей будуть мати більше значення. З урахуванням даних, отриманих у додатковому експерименті, усі зразки проб опалого листя мають $K_2 > 30,0$, отже є малонебезпечними відходами IV класу небезпеки та за санітарно-екологічними показниками можуть бути використані як вторинної сировини.

3.5. Висновки до розділу 3

1. Спалювання опалого листя – як традиційний спосіб поводження з цими відходами – збільшує ризики санітарно-екологічної безпеки в населених містах. Спалювання опалого листя спричиняє значне забруднення приземних шарів атмосфери суспендованими частками та аерозолями різної хімічної природи.

2. За результатами лабораторних та польових випробувань встановлено, що місця неконтрольованого спалювання опалого листя є джерелами наднормативного викиду суспендованих речовин, оксидів азоту, ангідриду сірчистого, фенолу та його похідних, ацетону та інших кетонів,

фурфуролу. Вміст досліджуваних 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.

3. Спалювання опалого листя створює недопустимий ризик для здоров'я населення навіть за умови короткострокової експозиції на органи дихання людини (короткостроковому перебуванні в зоні спалювання).

4. За результатами багаторічного моніторингу встановлено, що в складі опалого листя міста Дніпро міститься група сполук важких металів у концентраціях, що не перевищують відповідні значення ГДК валового вмісту в ґрунтах.

5. Вміст сполук важких металів визначається місцем первинного накопичення опалого листя.

6. Санітарно-екологічна небезпека опалого листя міста Дніпро визначається підвищеним вмістом сполук Fe, Cu, Ni (для паркових зон) та Zn (для зон поблизу транспортних магістралей).

7. Встановлено, що за санітарно-гігієнічними показниками опале листя в місцях утворення та первинного накопичення є малонебезпечними відходами IV класу небезпеки та може бути використане як вторинна сировина. Сумарний індекс небезпеки відходів у вигляді опалого листя зменшується в ряду «паркові зони» – «житлова забудова» – «транспортні магістралі».

8. За результатами експериментів 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 %.

Матеріали третього розділу висвітлені в опублікованих працях 1, 6, 9, 11 згідно переліку у додатку Е.

РОЗДІЛ 4

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ БУДІВЕЛЬНИХ КОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ ОПАЛОГО ЛИСТЯ

4.1. Вплив вмісту опалого листа на експлуатаційні властивості гіпсового будівельного композиту

Для оцінки можливості використання опалого листа у виробництві гіпсових будівельних композитів проведено серію лабораторних випробувань, що включали приготування робочих гіпсових сумішей, виготовлення тіста стандартної консистенції, виробництво експериментальних зразків-балочок та випробування їх експлуатаційних властивостей. Методологічно, постановка експериментальної частини базується на відомому досвіді в цій галузі [175, 186], методики виконання вимірювань описані в другому розділі дисертаційної роботи.

Ефективність утилізації опалого листа побічно визначається експлуатаційними властивостями будівельного матеріалу, отриманого на основі цього виду відходів. У загальному випадку гіпсові будівельні матеріали, що використовуються для облицювання та перегородок, мають відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.7-111-2001 [112]. Слід зауважити, що нормативна оцінка якості композитних гіпсових будівельних матеріалів широкого вжитку (наприклад гіпсокартон та супутні матеріали) також спирається на випробуванні експлуатаційних параметрів гіпсових сумішей згідно цього нормативного документу [158]. Отже, домішки, які використовуються для виготовлення цих будівельних матеріалів, мають забезпечувати одержання виробів із визначеними технічними характеристиками. До основних експлуатаційних показників, які використовують для аналізу якості гіпсового будівельного матеріалу на основі модельних сумішей є:

- границя міцності при стиску R_C в МПа;
- границя міцності на розтяг при згині R_3 в МПа;
- мінімальна щільність зразків P_0 в кг/м³.

Нормативні значення цих показників наведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Нормативні експлуатаційні параметри гіпсових будівельних матеріалів

Експлуатаційний параметр	Функціональне призначення будівельного матеріалу	
	для перегородок	для облицювання
Межа міцності зразків-балок при стисненні ¹⁾ , МПа	5,0	3,5
Межа міцності зразків-балок при згині ¹⁾ , МПа	2,4	2,0
Щільність зразків-балок, кг/м ³	750...1350	750...1100
¹⁾ З огляду на гігроскопічні властивості опалого листя (як потенційного наповнювача) наведені значення меж міцності для зразків, висушених до постійної маси		

З огляду на мету дисертаційного дослідження, для обґрунтування нового способу використання опалого листя як наповнювача гіпсового будівельного матеріалу необхідно дослідити кожен із цих експлуатаційних показників у залежності від обраних варіаційних чинників. Варіаційними чинниками дослідження обрані параметри, що характеризують опале листя – як сировину для виробництва будівельного матеріалу, а саме:

- вміст опалого листя - m (% маси вихідної гіпсової суміші);
- середня фракція опалого листя - f (мм діапазону фракційного сита);
- видове походження опалого листя.

Відповідно до методики постановки експерименту використано гіпсові композиції 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. Для

приготування гіпсових сумішей використане опале листя садово-паркових культур, найбільш поширених для зелених насаджень міста Дніпро, а саме: тополя дельтовидна, робінія псевдоакація та клен гостролистий. Ці гіпсові суміші використані для виробництва зразків гіпсового композитного матеріалу. Загальний вигляд однієї із серій гіпсового будівельного композиту представлено на рис. 4.1 та 4.2.



Рисунок 4.1. Зразки будівельного композиту на основі опалого листя



а)

б)

Рисунок 4.2 – Зовнішній вигляд зламів будівельного композиту на основі опалого листя крупної (а) та дрібної (б) фракцій

Фотографії, представлені на рис. 4.1 та 4.2, свідчать про фізичну можливість отримання гіпсового будівельного матеріалу на основі опалого

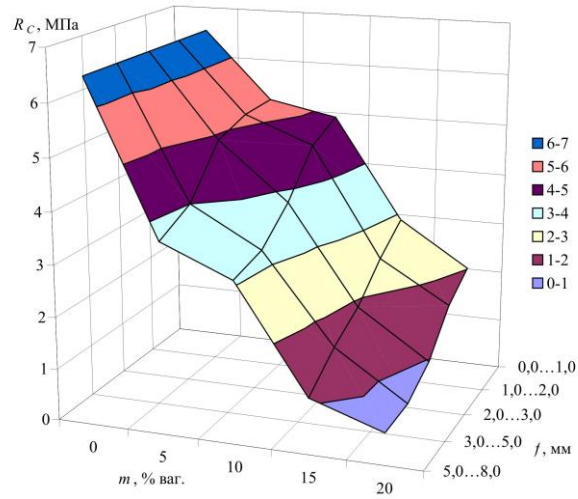
листа. Отриманий матеріал має виражену та сталу геометричну форму, гладкі стінки. Візуальний аналіз зламів матеріалу виявив однорідну структуру для вмісту опалого листа дрібної фракції та неоднорідну – для крупної фракції. Експериментальне дослідження впливу вмісту та фракції опалого листа на експлуатаційні показники матеріалу наведено далі за текстом. Жовто-коричнєве забарвлення матеріалу свідчить про вміст у опалому листі розчинених у воді органічних сполук.

4.1.1. Дослідження границі міцності при стиску

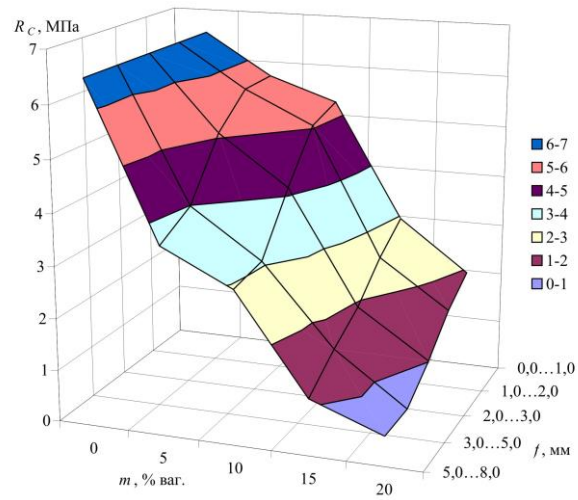
Результати вимірювання границі міцності при стиску зрізків R_C у МПа в залежності від вмісту, видового походження та фракції опалого листа представлені на рис. 4.3 у вигляді графіків поверхонь. Деталізовані результати вимірювання показника R_C наведені в табл. Д.1 Додатку Д.

Для обчислення показника R_C , використано результати прямих випробувань 15 зразків гіпсового композитного матеріалу (табл. Д.1), який виготовлений з одного замісу гіпсового тіста відповідної рецептури. Усі використані дані прямих вимірювань перевірені на викид за критерієм Граббса згідно ISO 5725-2 [187] та нормальність розподілу за критерієм Еппса-Паллі згідно ISO 5479 [188].

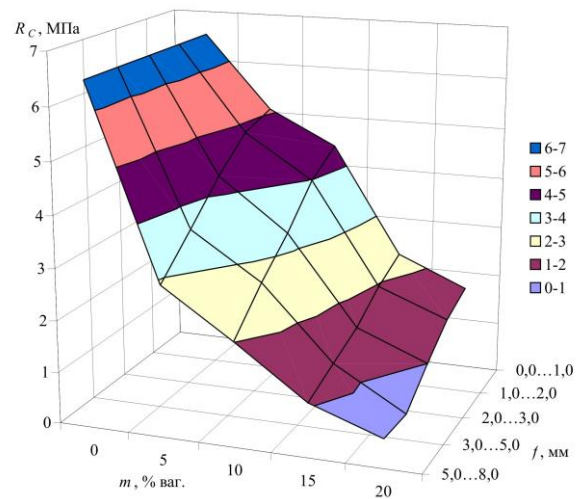
Аналіз залежностей на рис. 4.3 та даних у табл. Д.1, свідчить що показник границі міцності при стиску зрізків R_C змінюється в широкому діапазоні значень від 5,7 МПа до 0,5 МПа. Загальною тенденцією є зменшення границі міцності у разі збільшення вмісту та фракції опалого листа у вихідній гіпсовій суміші.



а)



б)



в)

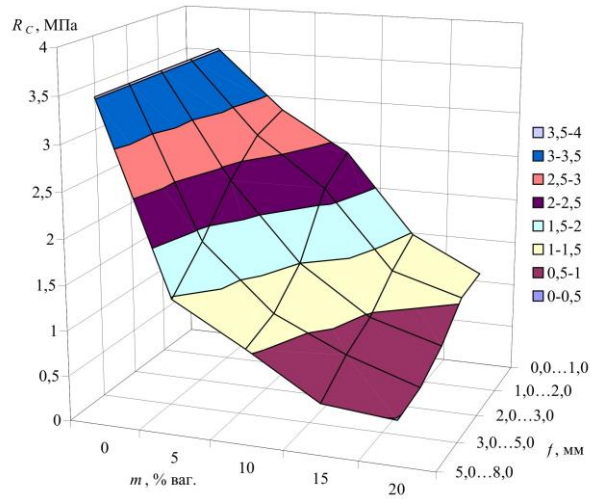
Рисунок 4.3 - Графік поверхні залежності показника границі міцності при стиску R_C від вмісту та фракції опалого листя: тополі (а), клену (б) та робінії (в)

Первинний статистичний аналіз показав, що розмах дисперсії вибірки в загальному випадку не перевищує 15 % (для вмісту опалого листя до 15 %) та 20 % (для вмісту опалого листя понад 15 %). Розподіл результатів випробувань для всіх зрізків характеризується від'ємним ексцесом та незначною асиметричністю у бік мінімального значення. Відносна розрахункова помилка (від 2,3 % до 8,4 %) не перевищує розширеного діапазону невизначеності методики виконання вимірювань (10 %) для всіх зразків із вмістом опалого листя до 20 %. Це свідчить про задовільну відтворюваність результатів випробувань для великої серії зразків будівельного композиту.

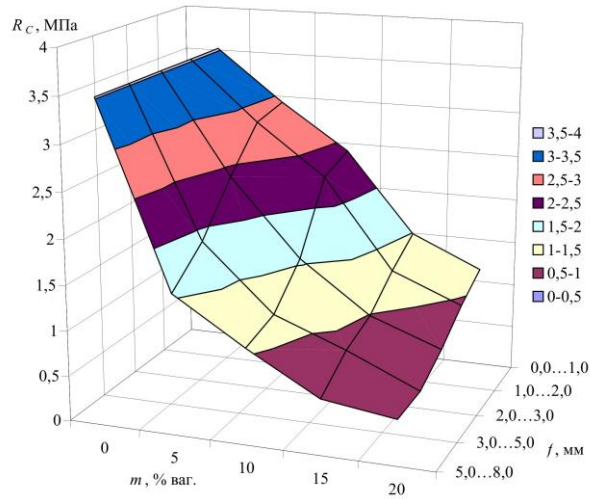
Для діапазону вмісту до 10 % ваг. характерна однорідна зміна показнику R_C для всіх значень фракції та видового походження опалого листя. У загальному випадку, різниця значень показників R_C для зразків із вмістом опалого листя 5 % та 10 % знаходиться в межах дисперсії вибірки. Це свідчить про однорідний вплив інертного наповнювача (опалого листя) на структуру гіпсового композиту. Зі збільшенням вмісту опалого листя понад 15 % спостерігається різке зменшення показника R_C (до 2...3 разів). Це можна пояснити впливом органічних водорозчинних сполук, що містяться в опалому листі та перешкоджають утворенню гіпсового каменя. Характер залежностей, наведених на рис. 4.3 свідчить про відсутність домінуючого впливу видового походження опалого листя на значення показника R_C .

4.1.2. Дослідження границі міцності на розтяг при згині

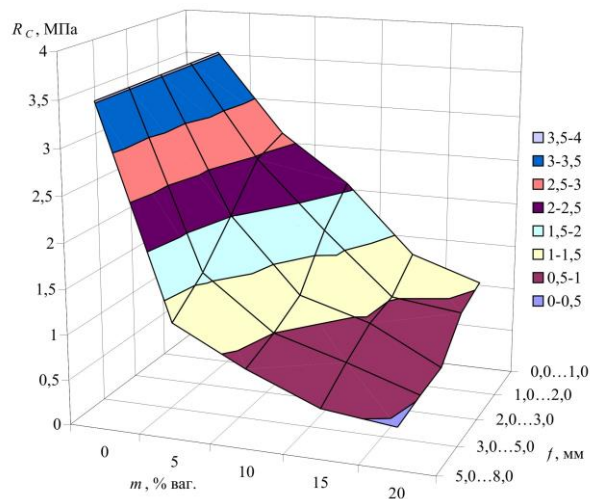
Результати вимірювання границі міцності на розтяг при згині зразків R_3 у МПа в залежності від вмісту, видового походження та фракції опалого листя представлено на рис. 4.4 у вигляді графіків поверхонь. Деталізовані результати вимірювання показника R_3 наведені в табл. Д.2 Додатку Д.



а)



б)



в)

Рисунок 4.4 - Графік залежності показника границі міцності при стиску R_c від вмісту та фракції опалого листя: тополі (а), клену (б) та робінії (в)

Аналогічно вимірювання показника міцності при стиску, для обчислення показника R_3 , використано результати прямих випробувань 15 зразків гіпсового композитного матеріалу, який виготовлений з одного замісу гіпсового тіста відповідної рецептури. Для всіх результатів прямих вимірювань проведено первинну статистичну обробку аналогічно показнику R_C .

Аналіз експериментальних даних (рис. 4.4 та табл. Д.2), свідчить що показник границі міцності на розтяг при згині зразків R_3 змінюється в широкому діапазоні значень від 2,8 МПа до 0,4 МПа. Аналогічно зміні показника R_C , загальною тенденцією є зменшення границі міцності у разі збільшенні вмісту та фракції опалого листя у вихідній гіпсовій суміші.

Первинний статистичний аналіз показав, що розмах дисперсії вибірки у загальному випадку не перевищує 10 % (для вмісту опалого листя до 10 %) та 20 % (для вмісту опалого листя понад 10 %). Розподіл результатів випробувань для всіх зразків характеризується від'ємним ексцесом та незначною асиметричністю в бік мінімального значення. Відносна розрахункова помилка (від 5,0 % до 8,9 %) не перевищує розширеного діапазону невизначеності методики виконання вимірювань (12 %) для всіх зразків із вмістом опалого листя до 15 %. Це свідчить про задовільну відтворюваність результатів випробувань для великої серії зразків будівельного композиту.

Для діапазону вмісту до 15 % ваг. характерна однорідна зміна показника R_3 для всіх значень фракції та видового походження опалого листя. Різниця значень показників R_3 для зразків із вмістом опалого листя 5 % та 10 % відповідає межам дисперсії вибірки. Сумісний аналіз залежностей на рис. 4.3 та рис. 4.4 свідчить, що показники міцності R_C та R_3 мають однакову функціональну залежність від вмісту та фракції опалого листя. Різницю абсолютних значень цих показників (R_3 менший від R_C у середньому в 1,5...2,2 рази) можна пояснити низьким рівнем адгезії гіпсового каменю на

поверхні часток наповнювача та відповідними механічними властивостями пружності при згині опалого листа.

Зі збільшенням вмісту опалого листа понад 10 % спостерігається різке зменшення показника R_3 (до 1,2...2,0 разів), особливо для опалого листа крупної фракції. Це пояснюється збільшенням кількості мікро- та макропорожнин у тілі будівельного композиту (рис. 4.2), що зменшує здатність матеріалу опиратися пружним деформаціям. Характер залежностей, наведених на рис. 4.4, свідчить про відсутність домінуючого впливу видового походження опалого листа на значення показника R_3 .

4.1.3. Дослідження щільності

Результати вимірювання щільності отриманих зразків P_0 у $\text{кг}/\text{м}^3$ в залежності від вмісту, видового походження та фракції опалого листа наведено в табл. Д.3. Первинна статистична обробка результатів вимірювань показника P_0 виконана аналогічно показникам R_C та R_3 . Аналіз масиву отриманих даних свідчить, що в діапазоні вмісту дрібної фракції опалого листа на рівні 5 % ваг. спостерігається часткове ущільнення матеріалу. У випадку збільшення вмісту опалого листа всіх фракцій понад 5 % ваг. спостерігається зменшення щільності до рівня 800...900 $\text{кг}/\text{м}^3$. Залежність зміни щільності збігається зі зміною показників міцності матеріалу. Детально цей функціональний зв'язок досліджено в пункті 4.3.

Первинний статистичний аналіз доводить, що показники щільності матеріалу мають високу статистичну щільність: розмах дисперсії вибірки в загальному випадку не перевищує 3...5 % (для вмісту опалого листа до 15 %) та 10 % (для вмісту опалого листа понад 20 %). Розподіл результатів випробувань для всіх зрізків характеризується незначним різнонаправленим ексцесом та незначною асиметричністю, переважно в бік максимального значення. Відносна розрахункова помилка (від 0,8 % до 2,6 %) не перевищує розширеного діапазону невизначеності методики виконання вимірювань

(5 %) для всіх зразків. Це свідчить про високу відтворюваність результатів випробувань для великої серії зразків будівельного композиту.

4.1.4. Сумісний аналіз результатів випробувань запропонованого будівельного композиту на основі опалого листя

Сумісний аналіз результатів випробувань зразків гіпсового композитного матеріалу (табл. Д.1-Д.3) свідчить про наявність функціонального зв'язку між експлуатаційними показниками матеріалу (R_c , R_z та P_0) та вмістом, видовим походженням та фракцією опалого листя. Для всіх зразків збільшення вмісту опалого листя в композиті призводить до зменшення показників границі міцності (рис. 4.2, рис. 4.3) та щільності (табл. Д.3). За умови збільшення вмісту опалого листя від 5,0 % до 20 % ваг. границя міцності при стисканні зменшується в середньому в 3...4 рази, границя міцності на розтяг при згині - у 2...3 рази. Разом із цим, щільність композитного матеріалу зменшується на 20 %.

Найбільший вплив вмісту опалого листя в композитному матеріалі демонструють зразки з додаванням опалого листя фракцією понад 3,0 мм. Особливу увагу слід звернути на зміну щільності композитного матеріалу в порівнянні з контрольним значенням. Для зразків із вмістом опалого листя 5,0 % спостерігається екстремум щільності.

Додатково слід зазначити, що первинний статистичний аналіз показав значне збільшення коефіцієнта варіації результатів вимірювань для зразків з вмістом опалого листя понад 15 % ваг. Для зразків з вмістом опалого листя до 15,0 % ваг. середні коефіцієнти варіації сягають значень від 4,0 до 7,0 (для показників R_c та R_z) та від 1,5 до 3,0 (для показника P_0). Для зразків з вмістом опалого листя від 15,0 % ваг. коефіцієнти варіації сягають значень від 14,0 до 28,0.

4.2. Аналіз впливу видового походження опалого листа на експлуатаційні показники будівельного композиту

Аналіз результатів випробувань показників міцності (рис. 4.3 та рис. 4.4) не виявив чіткої залежності від чинника видового походження опалого листа. Для перевірки впливу різних чинників опалого листа (вміст, видове походження та фракція) на експлуатаційні показники отриманого гіпсового композитного матеріалу проведено дисперсійний аналіз результатів вимірювань для показників R_C , R_3 та P_O .

Багатофакторний дисперсійний аналіз результатів, наведених у табл. Д.1-Д.3 виконано методом ANOVA [159, 161] на рівні значимості 5 % з використанням процесора аналізу даних MS Excel. Цей метод вторинного статистичного аналізу простий в організації та точний для невеликої кількості чинників (до 3 чинників), а також широко застосовується для виявлення впливу суттєвих відмінностей вибірки на рівень досліджуваного параметру [162, 163]. Результати дисперсійного аналізу наведено в табл. 4.2.

Таблиця 4.2

Результати дисперсійного аналізу впливу вмісту та фракції опалого листа різного видового походження на експлуатаційні показники зразків

Чинник аналізу для опалого листа	Показник границі міцності						Показник щільності зразків		
	при стиску зразків			на розтяг при згині			P_O		
	R_C			зразків R_3					
F	F_K	η^2	F	F_K	η^2	F	F_K	η^2	
Вміст у суміші	819,64	2,56	89,52	1145	2,56	87,08	441,88	2,56	76,88
Фракція	62,92	2,56	6,87	111,63	2,56	8,49	87,95	2,56	15,30
Видове походження	5,12	1,85	2,24	11,45	1,85	3,48	8,10	1,85	5,64

F – розрахункове значення критерію Фішера визначеної вибірки;

F_K – критичне значення критерію Фішера визначеної вибірки на рівні значимості 5 %;

η^2 – коефіцієнт детермінації вибірки

Розрахункові значення F-критерію всіх чинників аналізу (табл. 4.2) перевищують критичне значення для всіх експлуатаційних показників отриманого композиційного матеріалу. Домінуючим чинником для показників R_c , R_3 та P_0 є вміст опалого листа в суміші. Розрахункові значення F-критерію для чинника вмісту опалого листа перевищує в 5...12 разів аналогічні показники для чинника фракції, та 50...150 разів – аналогічні показники для чинника видового походження. Чинник фракції опалого листа найбільше впливає на показник щільності зразків P_0 та менше на показник границі міцності на розтяг при згині зразків R_3 .

Дисперсійний аналіз доводить, що чинник видового походження є не значимим у порівнянні з чинниками вмісту та фракції опалого листа. Аналіз вибіркового коефіцієнту детермінації η^2 (табл. 4.2) свідчить, що чинник видового походження опалого листа істотно 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_0 з усієї вибірки для аналізу. З огляду на це, у рамках виконаних досліджень вплив чинника видового походження можна вважати несуттєвим та об'єднати результати вимірювань для опалого листа тополі, клену та робінії. У подальшому обговоренні властивостей отриманого будівельного композиту для аналізу використані об'єднані дані вимірювань для опалого листа тополі, клену та робінії.

4.3. Формалізація залежності експлуатаційних властивостей гіпсового будівельного композиту на основі опалого листа

Аналіз досліджень у цій галузі, представлений у першому розділі дисертаційної роботи, показав відсутність аналітичних моделей для опису експлуатаційних властивостей гіпсових будівельних матеріалів на основі опалого листа. Для більшості будівельних композитів взаємозв'язок внутрішніх та зовнішніх чинників із функціональним критерієм має вигляд поліномів [164], отриманих за результатами спланованого експерименту. У цьому сенсі найбільшого поширення отримали експериментально-

статистичні моделі, що базуються на методах регресійного аналізу [164, 165]. Статистичні моделі регресійного аналізу експериментальних даних (за умови великої вибірки, понад 15...30 паралельних випробувань) широко застосовуються для опису властивостей гіпсових композитів із целюлозними наповнювачами [167].

Для пошуку функціонального зв'язку залежності експлуатаційних параметрів (R_C , R_3 та P_O) від вмісту та фракції опалого листа використали методи багатофакторного регресійного аналізу з використанням статистичного процесору STATISTICA 10 for MS Office – тест Tukey для апроксимації поверхні на рівні значимості 5 %. Для отримання поверхні діаграми розсіювання використана функція 3D Scatterplot. Для апроксимації даних використали метод найменших квадратів. Для побудови вихідної діаграми розсіювання використали значення медіани розсіювання для об'єднаної дисперсії значень результатів вимірювань для опалого листа тополі, клену та робінії псевдоакації.

4.3.1. Регресійний аналіз діаграм розсіювання результатів випробувань

На рис. 4.5 представлено узагальнені дисперсії значень та результати апроксимації для показників міцності (R_C , R_3) та щільності (P_O) отриманого гіпсового будівельного композиту.

Результати апроксимації вихідної діаграми розсіювання для кожного з експлуатаційних показників (R_C , R_3 та P_O), а також аналіз коефіцієнтів отриманої статистичної моделі, наведено в табл. 4.3. Спираючись на ці результати було побудовано статистичні моделі виду:

$$y = a \cdot x_1^2 + b \cdot x_1 \cdot x_2 + c \cdot x_2^2 + d \cdot x_1 + e \cdot x_2 + t,$$

де: y – прогнозоване значення експлуатаційного показника гіпсового композиційного матеріалу R_C , R_3 або P_O ;

x_1 – середнє значення фракції опалого листа, мм;

x_2 – вміст опалого листа в сухій суміші, % ваги.

Сумісний аналіз діаграм розсіювання (рис. 4.5) та результатів регресійного аналізу (табл. 4.3), свідчить, що результати апроксимації для кожного з експлуатаційних показників є репрезентативними та можуть бути використані для побудови статистичної моделі. Розрахункові коефіцієнти p -критерію перевищують критичні значення ($p_k - 0,05$ для рівня значимості статистичного аналізу $P=0,95$) та не є статистично значимими для таких коефіцієнтів моделі (перевищують критичне значення p -критерію ($p_{кр}=0,05$)):

- для показника R_C коефіцієнти a , b та c ;
- для показника R_3 коефіцієнти a та b ;
- для показника P_O коефіцієнт c .

Узагальнюючи результати регресійного аналізу побудовано статистичні моделі залежності кожного з експлуатаційних показників (R_C , R_3 та P_O) від середньої фракції та вмісту опалого листа вихідної гіпсової суміші:

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

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

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

де: R_C – прогнозоване значення границі міцності при стиску зразків гіпсового будівельного композиту на основі опалого листа, МПа;

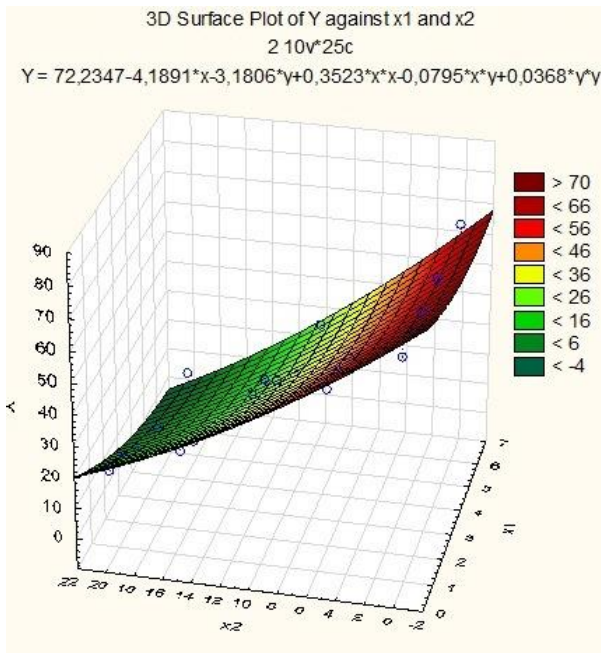
R_3 – прогнозоване значення границі міцності на розтяг при згині зразків гіпсового будівельного композиту на основі опалого листа, МПа;

P_O – прогнозоване значення щільності зразків гіпсового будівельного композиту на основі опалого листа, кг/м³;

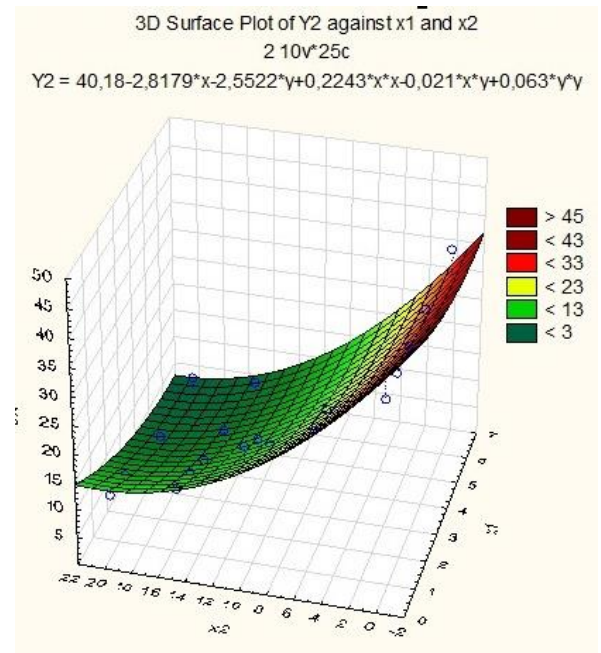
x_1 – середнє значення фракції опалого листа, мм;

x_2 – вміст опалого листа у вихідній гіпсовій суміші, % ваги.

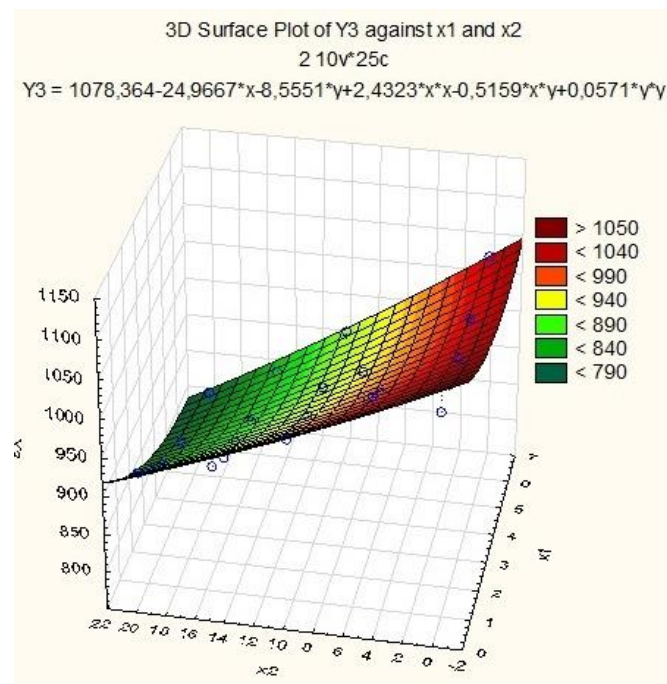
Аналіз статистичних моделей для показників міцності R_C та R_3 свідчить про лінійну природу залежності, відсутність взаємозалежності чинників середньої фракції (x_1) та вмісту опалого листа (x_2). Слід звернути увагу на те, що фракція опалого листа більше впливає на міцність зразків при стиску, у порівнянні з чинником вмісту.



а)



б)



в)

Рисунок 4.5 - Апроксимація діаграми розсіювання значення експлуатаційного параметра будівельного матеріалу від середньої фракції (x_1) та вмісту (x_2)

опалого листа:

Y - границя міцності при стиску зразків R_c (а),

Y_2 - границя міцності на розтяг при згині зразків R_3 (б), Y_3 - щільність P_0 .

Результати регресійного аналізу залежності експлуатаційних показників гіпсового композитного матеріалу від вмісту та фракції опалого листя

Параметр функціонального зв'язку	Коефіцієнт статистичної моделі		Стандартна похибка	<i>t</i> -критерій	<i>p</i> -критерій
		значення			
Показник границі міцності при стиску зразків R_c	<i>a</i>	0,03523	0,02386	1,47673	0,15613
	<i>b</i>	-0,00796	0,00604	-1,31616	0,20378
	<i>c</i>	0,00368	0,00214	1,71730	0,10218
	<i>d</i>	-0,41891	0,18539	-2,25964	0,03579
	<i>e</i>	-0,31806	0,04823	-6,59439	0,00000
	<i>t</i>	7,22347	0,34798	20,75804	0,00000
Показник границі міцності на розтяг при згині зразків R_3	<i>a</i>	0,02242	0,01999	1,72585	0,10060
	<i>b</i>	-0,00211	0,00329	-0,63925	0,53030
	<i>c</i>	0,00603	0,00117	5,39952	0,00003
	<i>d</i>	-0,28179	0,10099	-2,79040	0,01167
	<i>e</i>	-0,25522	0,02627	-9,71426	0,00000
	<i>t</i>	4,01800	0,18956	21,19672	0,00000
Показник щільності зразків P_0	<i>a</i>	24,3200	9,6676	2,51597	0,02102
	<i>b</i>	-5,1600	2,4493	-2,10636	0,04870
	<i>c</i>	0,5700	0,8684	0,65800	0,51843
	<i>d</i>	-249,6700	75,1630	-3,32313	0,00357
	<i>e</i>	-85,5500	19,5462	-4,37687	0,00324
	<i>t</i>	10783,6400	141,0242	76,46661	0,00000

Статистична модель показника щільності P_0 свідчить про складну поліноміальну залежність, наявність незначного взаємного впливу чинника середньої фракції (x_1) та вмісту опалого листя (x_2). Домінуючий вплив на щільність зразків має чинник середньої фракції опалого листя.

4.3.2. Експериментальна перевірка адекватності отриманої статистичної моделі

Для підтвердження адекватності отриманих статистичних моделей складено гіпсові композиції із середніми значеннями вмісту та фракції опалого листя відмінними від значень, що використовувалися для отримання вихідних даних (п. 4.1), а саме:

- вміст опалого листя на рівні 2,5; 7,0; 12,0 та 16 % ваг.;
- середня фракція опалого листя на рівні 1,00; 3,00 та 5,00 мм.

Для приготування гіпсових сумішей використали опале листя середньої видової проби: тополі (33,3 % ваг.), клену (33,3 % ваг.) та робінії (33,3 ваг.). У табл. 4.4 наведено медіани дисперсій результатів випробувань серії з 9 зразків гіпсового композиту на основі опалого листя.

Оцінку адекватності статистичних моделей проводили порівнянням експериментального та розрахункового значення експлуатаційних показників R_C , R_3 та P_O . Для обчислення розрахункових значень використані рівняння статистичної моделі в пункті 4.3.1. Критерієм перевірки адекватності обрано розширений діапазон невизначеності методики виконання вимірювань кожного з експлуатаційних показників: R_C , – 10,0 %, R_3 – 12,0 % та P_O – 5,0 %.

Аналіз даних, наведених у табл. 4.4, свідчить, що описані статистичні моделі є адекватними та репрезентативними. Для діапазонів відхилення розрахункового значення від експериментального не перевищує розширений діапазон невизначеності методики виконання вимірювань. Максимальні відхилення спостерігаються для зразків із крупною фракцією опалого листя.

Відхилення показника R_C має різнонаправлений характер, тенденція до завищення результатів вимірювання спостерігається для великого вмісту опалого листя (понад 12 % ваг.). Для показника R_3 характерна тенденція до заниження розрахункового значення в порівнянні з експериментальним. Ця особливість не є критичною, для оцінки властивостей будівельних матеріалів

рекомендовано застосовувати песимістичний прогноз. Показник R_0 має мінімальні значення відносного відхилення на рівні нижнього квантиля розширеного діапазону методики виконання вимірювань. Це свідчить про значну адекватність статистичної моделі для прогнозування щільності гіпсового композиту на основі опалого листя.

Таблиця 4.4

Результати порівняння розрахункового та експериментального значення експлуатаційних показників гіпсових будівельних композитів

Серія зразків	Фракція опалого листя f , мм	Вміст опалого листя m , % ваг.	Границя міцності при стиску зразків R_C			Границя міцності на розтяг при згині зразків R_3			Щільність зразків P_0 , кг/м ³		
			R_C (роз.), МПа	R_C (експ.), МПа	Відхилення, %	R_3 (роз.), МПа	R_3 (експ.), МПа	Відхилення, %	P_0 (роз.), МПа	P_0 (експ.), МПа	Відхилення, %
1	1,0	2,50	6,01	5,71	-4,98	3,14	3,24	3,27	1033	1029	-0,40
2	3,0	2,50	5,17	5,25	1,52	2,57	2,68	4,12	980	986	0,57
3	5,0	2,50	4,33	4,03	-7,01	2,01	2,25	11,92	932	925	-0,73
4	1,0	7,00	4,58	4,22	-7,82	2,26	2,42	7,15	990	980	-1,02
5	3,0	7,00	3,74	3,67	-1,88	1,69	1,88	10,92	935	935	0,01
6	5,0	7,00	2,90	3,12	7,49	1,13	1,24	9,61	882	925	4,92
7	1,0	12,00	2,99	2,74	-8,30	1,58	1,56	-1,34	945	945	0,02
8	3,0	12,00	2,15	2,31	7,44	1,02	1,08	6,14	884	890	0,63
9	5,0	12,00	1,31	1,36	3,64	0,45	0,62	>12,0	826	860	4,12
10	1,0	16,00	1,72	1,87	9,00	1,27	1,18	-6,81	909	915	0,72
11	3,0	16,00	0,88	0,82	-6,59	0,70	0,72	2,48	844	855	1,30
12	5,0	16,00	0,04	0,54	>10,0	0,14	0,51	>12,0	781	820	4,93

4.4. Аналіз відповідності експлуатаційних властивостей гіпсового композиту до нормативних вимог

Для оцінки ефективності використання опалого листя у виробництві гіпсових будівельних композитів необхідно порівняти експлуатаційні властивості отриманого матеріалу з нормативними вимогами та відомими стандартами. Для пошуку оптимальної рецептури гіпсової суміші проведено нормалізований аналіз та побудовано поверхні розподілу показників міцності від чинників фракції та вмісту опалого листя (рис. 4.6 та рис. 4.7). Вихідними даними для аналізу є значення медіани розсіювання для об'єднаної дисперсії значень результатів вимірювань для опалого листя тополі, клену та робінії (з табл. Д.1-Д.2). Критерієм нормалізації є нормативні експлуатаційні показники, наведені в табл. 4.1.

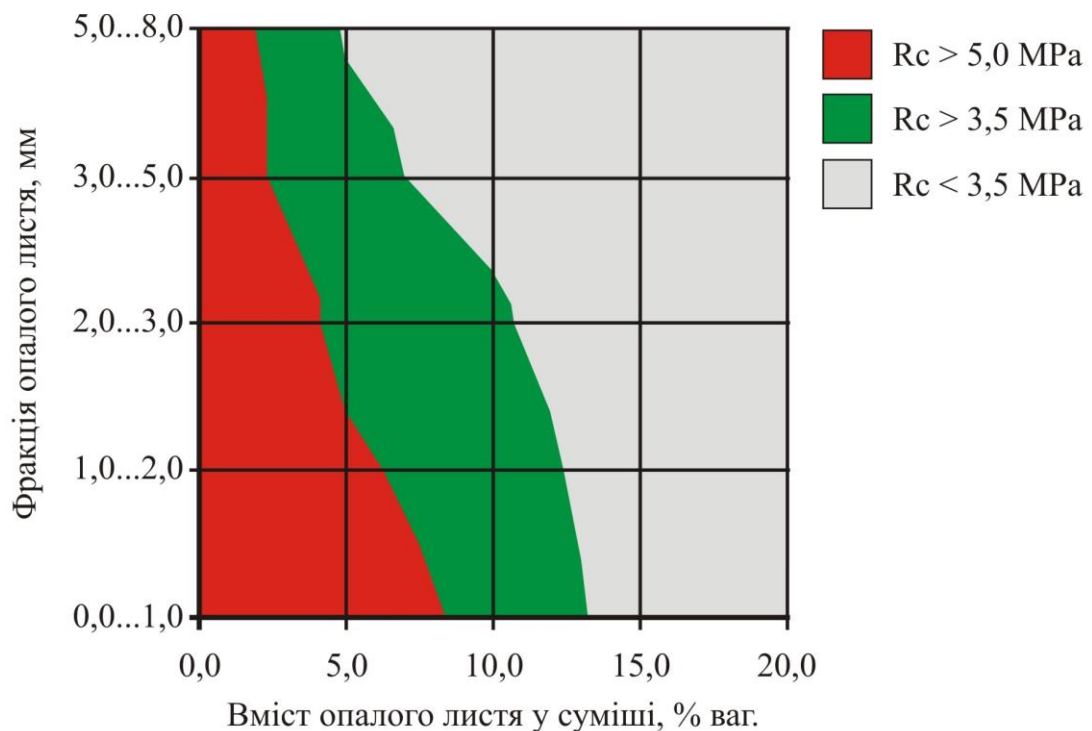


Рисунок 4.6 - Нормалізована поверхня границі міцності при стиску R_c : відповідність вимогам до конструкційних (червоний), оздоблювальних (зелений) гіпсових будівельних матеріалів

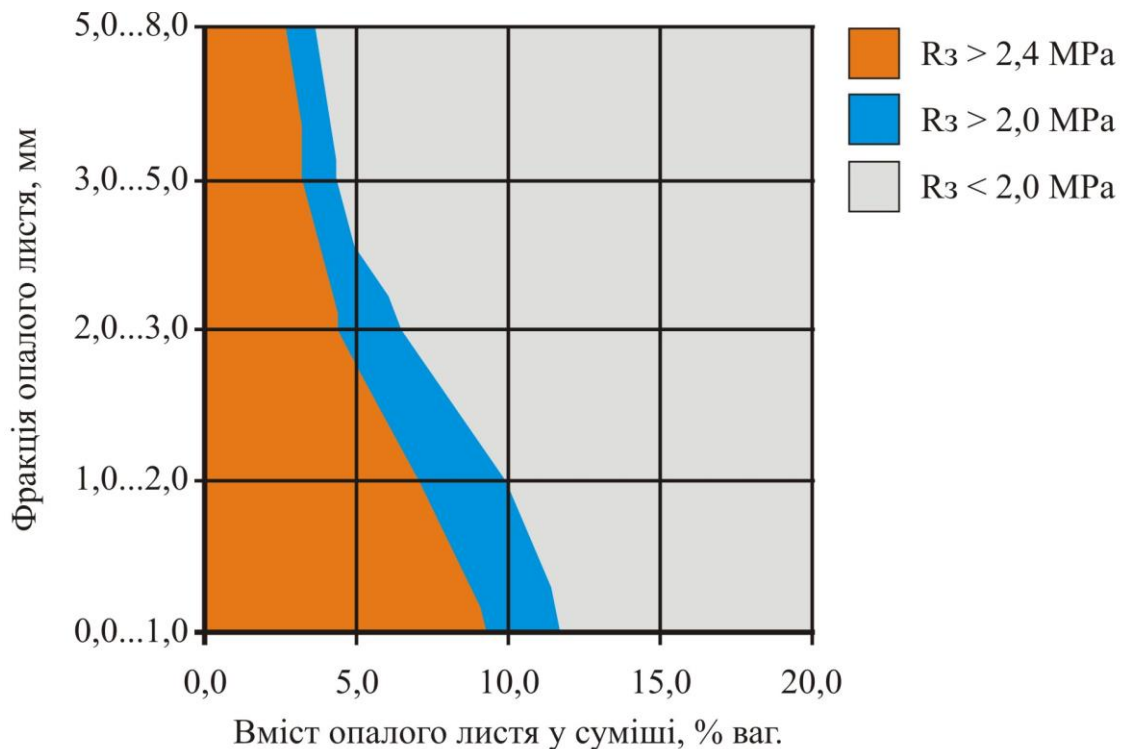


Рисунок 4.7 – Нормалізована поверхня межі міцності
на розтяг при згині R_3 :

відповідність вимогам до конструкційних (помаранчевий), оздоблювальних (голубий)
гіпсових будівельних матеріалів

На рис. 4.8 представлено апроксимацію функціонального зв'язку між показниками міцності (R_C та R_3) та щільності (P_0) зразків гіпсового композиту. З графіку апроксимації на рис. 4.8 видно чітку залежність між показниками міцності та щільності гіпсового композиту на основі опалого листя. Апроксимація залежності має вид поліному третьої степені, проте коефіцієнти кубічної залежності не перевищують 1×10^{-7} і не враховуються в рівнянні апроксимації. Апроксимація залежності характеризується достатнім коефіцієнтом множинної кореляції ($R^2 > 0,95$), що відповідає мінімальним вимогам до рівня значимості статистичного аналізу.

Представлена на рис. 4.8 дисперсія має значний розмах (особливо для показника R_C), що перевищує границю невизначеності методики виконання вимірювань (для R_C – 10 %, для R_3 – 12 %). Відповідно, отримані результати апроксимації не можуть бути використані для цілей оптимізації експлуатаційних властивостей. Незважаючи на це, отримані рівняння

вказують на загальний тренд зміни експлуатаційних показників та можуть бути використані для цілей техніко-економічного обґрунтування вибору вмісту опалого листя в гіпсовій суміші.

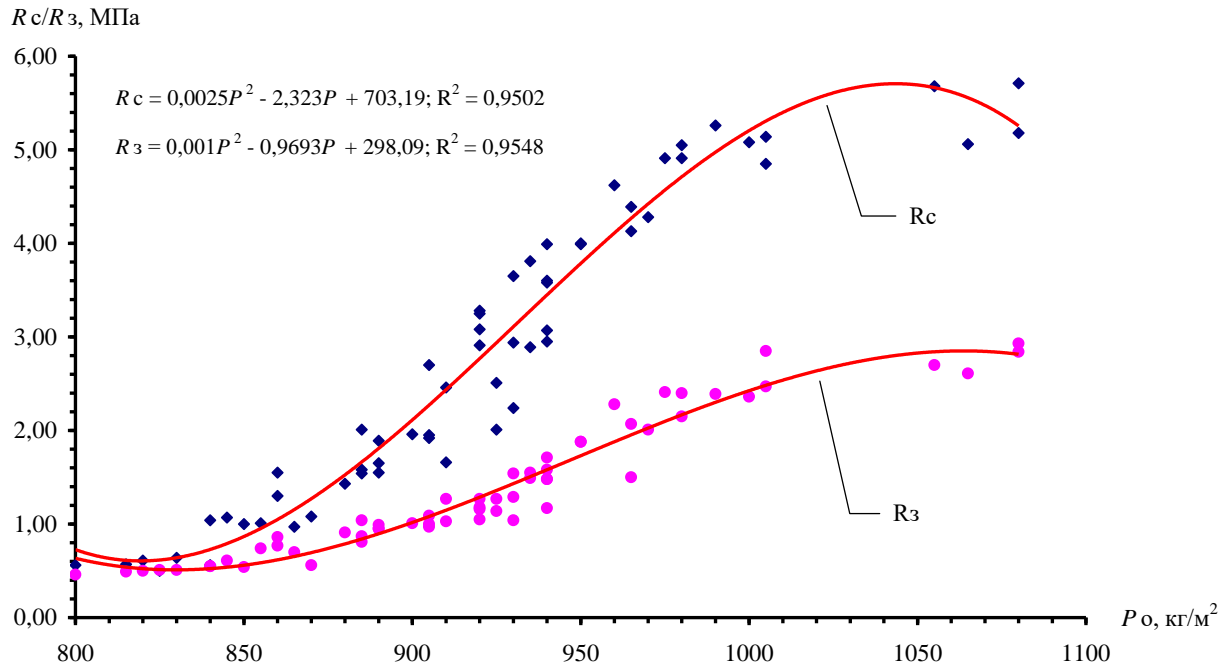


Рисунок 4.8 – Графік апроксимації дисперсії залежності показників міцності гіпсового композиту (R_c та R_z) від його щільності (P_0)

4.5. Висновки до четвертого розділу

1. Узагальнюючи всі результати випробувань доходимо висновку, що будівельний матеріал, отриманий за результатами дослідження, відповідає мінімальним нормативним значенням, які висуваються до гіпсових будівельних плит. Отримані результати свідчать про можливість утилізації відходів у вигляді опалого листя з отриманням нетрадиційного будівельного матеріалу.

2. За результатами випробувань встановлено, що границі міцності при стиску та границі міцності на розтяг при згині має широкий діапазон значень від 0,5 МПа до 5,7 МПа границі міцності при стиску та від 0,4 МПа до 2,8 МПа границі міцності на розтяг при згині.

3. Домінуючим чинником для всіх досліджуваних експлуатаційних показників будівельного матеріалу є вміст опалого листа у вихідній суміші.

4. Дисперсійний аналіз результатів випробувань свідчить, що чинник видового походження опалого листа є не значимим у порівнянні з чинниками вмісту та фракції опалого листа. Аналіз вибіркового коефіцієнту детермінації свідчить, що чинник видового походження опалого листа істотно впливає на мінімальну кількість отриманих результатів вимірювань на рівні 2,2...5,6 % сукупності зразків для випробувань.

5. Експлуатаційні показники запропонованого будівельного матеріалу відповідають нормативним значенням для гіпсових плит для вмісту опалого листа до 10 % ваг. сухої вихідної суміші.

6. У результаті узагальнення даних випробувань побудовано та перевірено статистичні моделі залежності експлуатаційних показників запропонованого будівельного матеріалу. Оптимізація складу гіпсового тіста на основі отриманих статистичних моделей дозволяє зменшити гіпсоємкість виробництва до 28 % з урахуванням зміни щільності будівельного композиту. Зменшення гіпсоємкості виробництва досягається шляхом збільшення вмісту рослинного наповнювача та відповідному зменшенні щільності готового виробу.

Матеріали четвертого розділу висвітлені в опублікованих працях 10, 15, 21 згідно переліку у додатку Е.

РОЗДІЛ 5

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ У ВИГЛЯДІ ОПАЛОГО ЛИСТЯ ДЛЯ ЦІЛЕЙ ЛОКАЛІЗАЦІЇ ТА ЗБОРУ АВАРІЙНИХ РОЗЛИВІВ НАФТОПРОДУКТІВ ТА ВУГЛЕВОДНІВ

5.1 Обґрунтування вибору опалого листа для виробництва сорбентів нафтопродуктів та вуглеводнів

Як було зазначено в першому розділі дисертації, вивчення поглинальної здатності різних пористих матеріалів до спектру нафтопродуктів та вуглеводнів є важливим завданням екологічної безпеки наземних видів транспорту. З огляду на той факт, що промислові зразки сорбентів мають значну вартість та їх важко доступність, спеціалісти [65, 62, 70, 74] вважають перспективним використання відходів промисловості для виробництва сорбентів нафтопродуктів та вуглеводнів. У рамках поставленої мети найбільший інтерес викликають відходи багатотоннажних виробництв, природні матеріали та відходи місцевої промисловості.

У таких умовах, формувати базу матеріалів для ліквідації аварійних розливів нафтопродуктів доцільно саме із сорбентів на основі відходів місцевої промисловості. У стратегічному сенсі цей підхід має значний екологічний та економічний ефект. Слід зазначити, що розробка сорбентів нафтопродуктів на основі відходів місцевої промисловості дозволяє вирішити одразу декілька проблем:

- створення бази матеріалів для локалізації та збору розливів нафтопродуктів та вуглеводнів;
- утилізація відходів місцевої промисловості України;
- економія витрат на доставку сорбенту з інших регіонів;
- мінімізація часу на підготовчі роботи з організації ліквідаційних заходів.

5.2 Дослідження експлуатаційних властивостей сорбенту на основі опалого листя до спектру нафтопродуктів та вуглеводнів

Аналіз досвіду в галузі ліквідації аварійних ситуацій на транспорті [168, 170] свідчить, що ефективність використання сорбентів нафтопродуктів зумовлюють такі параметри:

- максимальна поглинальна здатність сорбенту (P , г/г), як базовий експлуатаційний показник, що визначає витрату сорбенту на цільові потреби;
- час насичення до показника 80 % від максимальної поглинальної здатності (P_{80} , хв.), як експлуатаційна характеристика ефективного часу насичення;
- залежність показника поглинальної здатності сорбенту від його гігроскопічного зволоження та перезволоження ($P(w)$, г/г), як експлуатаційна характеристика зберігання та застосування сорбенту в умовах підвищеної вологості.

До сорбентів нафтопродуктів також висувають низка інших вимог [64, 170], серед яких: універсальність застосування, еколого-токсикологічна безпека, пожежна безпека тощо.

Результати експериментального вимірювання показників P і P_{80} для зразків опалого листя різного видового походження наведені в табл. 5.1. Вимірювання показників P і P_{80} виконано за оригінальною методикою [137], описаною в другому розділі. Сорбатами для вивчення обрані речовини з переліку вантажів третього класу небезпеки, які характеризуються найбільшим ризиком виникнення аварійного розливу на залізничному транспорті [116, 171]. Серед них (відповідно до позначень сорбентів у табл. 5.1): А – органічний розчинник, який містить бензол, Б – органічний розчинник, який містить ксилол, В – гексан нафтовий, Г – бензин нафтовий марки А-92, Д – дизельне паливо марки Л, Е – олива мінеральна марки М-8 - В.

Результати експериментального дослідження сорбційних властивостей
опалого листя до спектру нафтопродуктів та вуглеводнів

Видове походження опалого листя	Максимальна поглинальна здатність P , г/г, $n=5$, $P=0,95$					
	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)
Середнє квадратичне відхилення об'єднаної вибірки	0,25 (0,25)	0,21 (0,27)	0,06 (0,40)	0,08 (0,47)	0,12 (0,48)	0,25 (0,76)
*У дужках наведений час насичення до показника 80 % від максимальної поглинальної здатності P_{80} , хв., $n=5$, $P=0,95$						

Аналіз даних, наведених у табл. 5.1, свідчить про те, що:

- опале листя різних порід дерев демонструє виражені сорбційні властивості до широкого спектру нафтопродуктів та вуглеводнів;

- опале листя демонструє поглинальну здатність на рівні з матеріалами, які широко застосовують для локалізації та збору розливів нафтопродуктів на залізничному транспорті [171].

Відповідно до результатів вимірювань (табл. 5.1) найбільші значення показника P характерні для сорбатів високої в'язкості - мінеральної оливи та розчинників, що містять похідні бензолу (сорбат А, Б, Е). Найбільші значення показника P до всього спектру сорбатів характерні для опалого листя каштана, в'яза, липи та клена. Це можна пояснити розвиненою системою пор у тілі опалого листя цих порід дерев у порівнянні з опалим листям робінії та тополі. Ефективний час насичення P_{80} у середньому не перевищує 2,5 хвилин для органічних розчинників та 6,0 хвилин для нафтопродуктів.

Слід зазначити, що значення середньоквадратичного відхилення результатів об'єднаної вибірки для показників P та P_{80} відповідають межам розширеного діапазону невизначеності методики виконання вимірювань (7...10 %). Відповідно, середня проба опалого листя має достатній рівень репрезентативності та може бути використана для подальшого вивчення. Як базові коефіцієнти витрати опалого листя для цілей локалізації і збору розливів нафтопродуктів рекомендується використовувати середні значення показника P , наведені в табл. 5.1.

Залежність показника P від гігроскопічного зволоження та перезволоження сорбенту досліджено для середньої проби опалого листя різних порід дерев за методикою, описаною в другому розділі. Отриманий масив експериментальних даних показника $P(w)$ представлений на рис. 5.1 у вигляді кривих апроксимації для кожного сорбата.

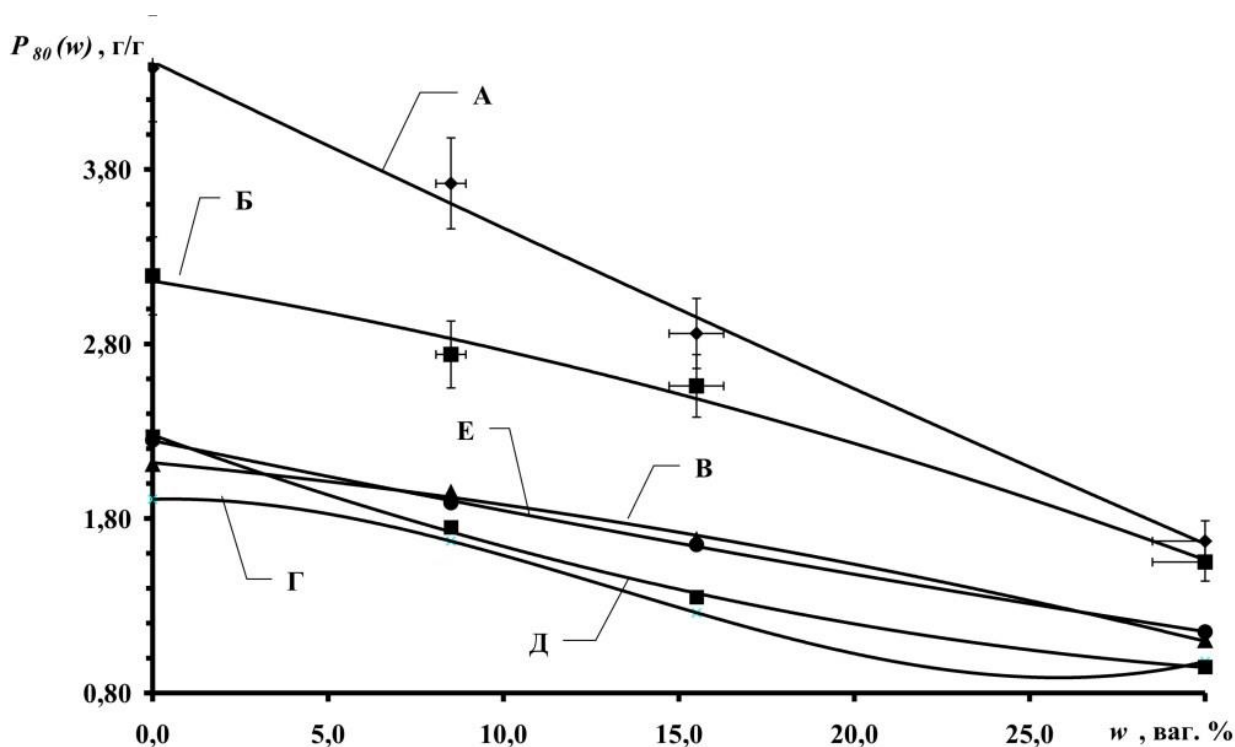


Рисунок 5.1 - Вплив відносної вологості опалого листя на показники його поглинальної здатності до спектру нафтопродуктів:

А, Б, В, Г, Д і Е - сорбат відповідно до табл. 5.1

Аналіз даних, представлених на рис. 5.1, свідчить, що зразки опалого листя не характеризуються гідрофобністю, достатньою для цільового використання в умовах підвищеної вологості навколишнього середовища. Відповідно, ці відходи не доцільно використовувати для очищення водної поверхні або систем «вода-нафтопродукт» без додаткової гідрофобізації або карбонізації. Слід зазначити, що для залізничного транспорту характерні розливи нафтопродуктів із локалізацією на поверхні ґрунту та штучних споруд [171]. За цих умов використання опалого листя як сорбенту є допустимим за умови уточнення базових коефіцієнтів витрати.

Відповідно до вимог, які висуваються до сорбентів нафтопродуктів (див. пункт 1.4), була виконана оцінка екологічної та виробничої безпеки застосування опалого листя для локалізації та збору розливів нафтопродуктів. Встановлено, що в процесі насичення відходів нафтопродуктами не утворюються сполуки, токсичність або

пожежонебезпеку яких перевищує відповідний показник сорбата. Попередні дослідження підтверджують, що сорбенти на основі опалого листя відповідають еколого-токсикологічними нормам [189]. Усе зазначене свідчить про можливість використання опалого листя для локалізації та збору розливів нафтопродуктів.

5.3. Вивчення умов довгострокового зберігання опалого листя

Як було зазначено в першому розділі, опале листя характеризується сезонним дебітом утворення відходів. Основний період утворення та накопичення цих відходів на території України збігається з періодом осіннього листопаду (жовтень-листопад). Накопичення стратегічного запасу сорбентів на основі опалого листя можливо тільки в цей період. Відповідно, для досягнення поставленої мети необхідно дослідити умови довгострокового зберігання, за яких гарантується збереження високих експлуатаційних та сорбційних властивостей опалого листя. Для досягнення поставленої задачі проведено польові випробування у відповідності зі сценаріями різних умов кондиціонування параметрів навколишнього середовища під час зберігання відходів (табл. 5.2). Для моделювання сценарію дострокового зберігання опалого листя обрано такі параметри:

- захист від атмосферних опадів (АТ);
- контроль рівня вологості повітря (ВВ);
- контроль рівня перепаду температур (КТ).

Результати дослідження залежності показника P від умов довгострокового зберігання опалого листя представлені на рис. 5.2 у вигляді графіка, нормалізованого до початкового значення поглинальної здатності опалого листя в жовтні місяці.

Сценарії умов довгострокового зберігання опалого листа

Назва сценарію	Умовне позначення	Параметри		
		АО	ВВ	КТ
Зберігання в природних умовах	<i>C-1</i>	–	–	–
Зберігання під укриттям	<i>C-2</i>	+	–	–
Зберігання в опалюваному приміщенні	<i>C-3</i>	+	–	+
Контрольний сценарій	<i>C-0</i>	+	+	+

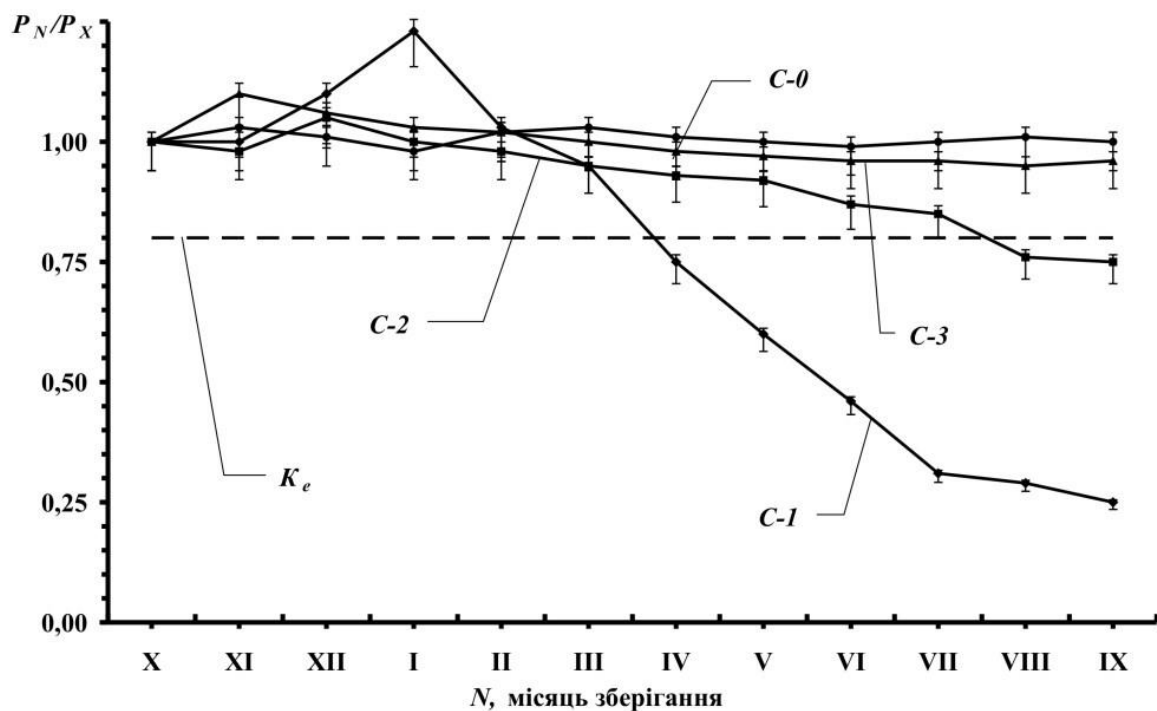


Рисунок 5.2 - Вплив умов довгострокового зберігання на експлуатаційні показники сорбентів на основі опалого листа

N – календарний номер місяця; *C-0*, *C-1*, *C-2*, *C-3* – умовне позначення сценарію довгострокового зберігання опалого листа згідно табл. 5.2; K_e – коефіцієнт ефективності на рівні 80 % від показника поглинальної здатності опалого листа на початку зберігання

Дані, представлені на рис. 5.2, свідчать, що зберігання у відвалі в умовах природного середовища є неефективним. Зниження показника поглинальної здатності в умовах сценарію *C-1* пов'язано з процесами біологічного розпаду опалого листа, які стимулюються надлишковою

вологістю відходів та високою температурою у весняний та літній період. Для сценаріїв *C-2* і *C-3* протягом перших п'яти місяців зберігання з моменту утворення відходів (у рамках дослідження - жовтень місяць) спостерігається нівелювання показника поглинальної здатності в межах показника базового місяця (у рамках дослідження - жовтень місяць).

Спираючись на результати аналізу отриманих залежностей можна дійти висновку, що для ефективного довгострокового накопичення опалого листя (як сорбентів нафтопродуктів) достатніми мінімальними умовами зберігання є захист від атмосферних опадів та гігроскопічного перезволоження.

5.4. Дослідження властивостей композиційного сорбенту нафтопродуктів на основі опалого листя

Сировиною для виробництва композиційного сорбенту нафтопродуктів було обрано відходи місцевої промисловості: скопи Дніпропетровської паперової фабрики. Як домішку використали відходи рослинного походження урбанізованих територій – опале листя насаджень зелених зон міста Дніпро (висушені опалі листові пластинки, розмелені до фракції 1..3 мм) в різних співвідношеннях компонентів суміші. Склад скопів Дніпропетровської паперової фабрики за основними компонентами наведено в табл. 5.3.

Методики визначення поглинальної здатності, кінетики насичення та впливу фракційного складу описано в другому розділі дисертаційної роботи. Для оптимізації компонентного складу сорбенту нами було визначено вплив співвідношення відходів паперового виробництва та опалого листя на значення показника поглинальної здатності P . Для цього були обрані зразки сорбентів із різним вмістом підготовленої рослинної складової (C_p).

Якісний та кількісний склад скопів Дніпропетровської паперової фабрики

Показник якісного складу	Скоп виробництва офсетного паперу	Скоп виробництва вторинного паперу
Целюлозне волокно, % ваг.	15...30	10...20
CaCO ₃ , % ваг.	15...45	5...15
CaSO ₄ , % ваг.	20...40	15...30
Каолін, % ваг.	10...35	10...20
Полімери, % ваг.	-	15...35
Решта, % ваг.	1,5...3,0	3,0...8,0
Вологість скопу, % ваг.	70...75	75...85

Задля забезпечення чистоти досліду було використано проби з фракцією 2..5 мм за їх природної вологості. Для порівняльної оцінки обрано сорбент, який широко застосовується для ліквідації розливів нафтопродуктів, а саме - активоване вугілля (далі АВ) марки БАУ-А, фракцією 2...5 мм при його природній вологості. У експерименті обрано сорбати (нафтопродуктів та органічних розчинників, поглинання яких вивчається) з найбільш поширеним переліком небезпечних вантажів III класу небезпеки, які транспортуються залізницями України: бензин марки А-95, дизельне паливо марки Л, олива вакуумна М-8-В, бензол нафтовий, етилбензол технічний, м-ксилол нафтовий, бром-бензол технічний, гексан нафтовий. Результати експериментального вимірювання поглинальної здатності зразків композиційних сорбентів наведені у табл. 5.4.

Збільшення питомої частки опалого листя в складі композиційного сорбенту призводить до збільшення поглинальної здатності. Це пов'язано з природою самих відходів. Опале листя – це відходи на основі целюлози, відмерлі тканини рослини формують систему мікропор та пустот у тілі листової пластинки. Зменшення розмірів фракції призводить до відкриття даних пустот і заповнення їх нафтопродуктами.

Вплив компонентного складу зразків сорбентів на їх поглинальну здатність

Нафтопродукт або органічний розчинник	P , г нафтопродукту/г сорбенту						AB
	C_p , ваг. %						
	0	10	30	50	70	100	
Бензин марки А-95	1,49	1,64	1,73	1,75	1,91	2,00	3,21
Дизельне паливо марки Л	1,56	1,67	1,88	1,85	1,90	2,60	4,30
Олива вакуумна М-8-В	1,99	2,15	2,19	2,24	2,34	3,00	4,85
Бензол нафтовий	1,76	2,03	2,54	2,86	3,19	4,64	4,10
Етилбензол технічний	1,61	1,88	2,05	2,65	2,79	4,07	4,00
м-Ксилол нафтовий	1,48	1,68	1,98	2,10	2,17	3,51	3,95
бром-Бензол технічний	2,65	3,05	3,64	4,06	4,85	6,15	6,72
Гексан нафтовий	1,32	1,53	1,61	1,66	1,75	2,23	3,85

Специфічне зростання показника P у ряду «бензин – дизельне паливо – олива вакуумна» можна пояснити збільшенням в'язкості нафтопродукту та можливими міжмолекулярними взаємодіями нафтопродукту та целюлози. Специфічна зміна показника P у ряду «бензол – етилбензол – м-ксилол – бром-бензол» підтверджує цю гіпотезу. Слід додати – збільшення вмісту опалого листя понад 50 ваг.% призводить до поступового порушення цілісності структури гранули сорбенту. Це значною мірою пов'язано зі зменшенням вагової частки в'язучої речовини в складі композиції сорбенту. Тому оптимальним співвідношенням компонентів обрано вміст скопу в складі сорбенту на рівні 55...75 ваг. %.

Для оцінки характеру впливу фракційного складу, відносної вологості та кінетики процесу насичення композиційного сорбенту на його поглинальну здатність нами було досліджено проби сорбентів за їх природної вологості з різним вмістом опалого листя:

- з показником C_p на рівні 0 ваг. % (сорбент А, чинник порівняння);

- з показником C_p на рівні 70 ваг. % (сорбент Б, чинник найбільшого вмісту опалого листя).

Результати дослідження характеру впливу фракційного складу зразків сорбентів А та Б на їх показник поглинальної здатності P наведено у табл. 5.5.

Таблиця 5.5

Вплив фракційного складу композиційних сорбентів нафтопродуктів
на показники поглинальної здатності

Нафтопродукт або органічний розчинник	P , г нафтопродукту/г сорбенту							
	Сорбент А				Сорбент Б			
Фракція сорбенту, мм	2-5	5-10	10-15	>15	2-5	5-10	10-15	>15
Бензин марки А-95	1,41	1,28	1,21	1,16	1,91	1,78	1,65	1,54
Дизельне паливо марки Л	1,56	1,44	1,41	1,22	1,96	1,85	1,69	1,56
Олива вакуумна М-8-В	2,54	2,31	2,13	1,95	2,59	2,26	1,98	1,85
Бензол нафтовий	1,76	1,55	1,41	1,28	3,19	2,87	2,64	2,41

Аналізуючи дані табл. 5.5 можна дійти висновку, що показник поглинальної здатності P залежить від фракційного складу сорбенту в широких межах. Особливо це помітно на прикладі поглинання вакуумної оливи. Тенденція до зниження поглинальної здатності зразків сорбенту А подібна аналогічній для сорбенту Б. Різко виражене зниження поглинальної здатності сорбенту у разі збільшенні діаметру часток свідчить про домінуючий вплив поглинання поверхневими шарами гранули сорбенту.

Для обох зразків сорбентів характерний різкий спад показника поглинальної здатності P у діапазоні 5...10 мм та нівелювання зміни показника в діапазоні понад 10 мм. Тому усереднену фракцію сорбенту 2..10 мм (з фактичним домінуванням фракції 2...5 мм) можна вважати оптимальною та рекомендувати для цільового використання. Фракція менше 2 мм, відповідно до прогнозу отриманих закономірностей має найбільші показники поглинальної здатності P , але з точки зору проведення

ліквідаційних заходів (технології нанесення шарів сорбенту на забруднену поверхню) не має практичного застосування.

Результати вивчення впливу зволоження (w) сорбенту А та Б на його показники поглинальної здатності P представлено на рис. 5.3 та 5.4.

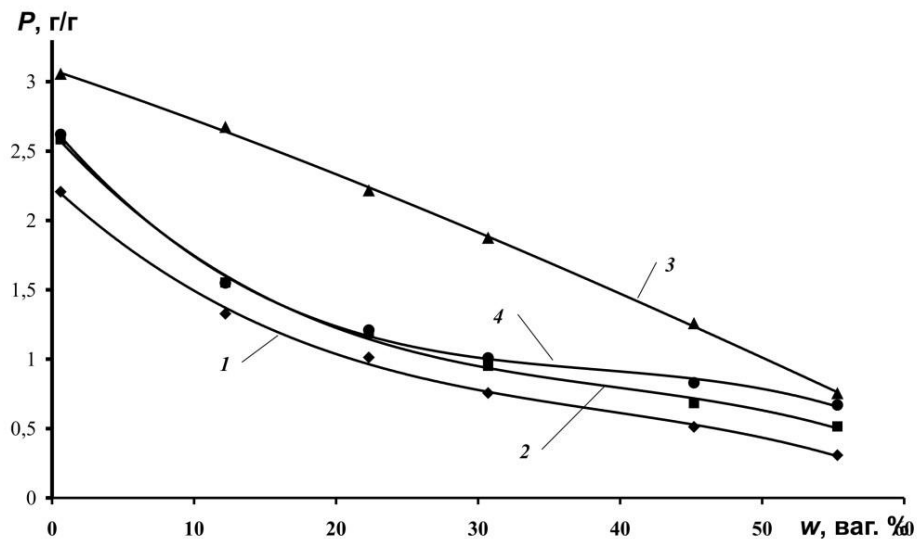


Рисунок 5.3 – Вплив відносного зволоження сорбенту А на показники його поглинальної здатності до спектру нафтопродуктів та вуглеводнів:
 1 – бензин марки А-95; 2 – дизельне паливо марки Л; 3 – олива вакуумна М-8-В;
 4 – бензол нафтовий

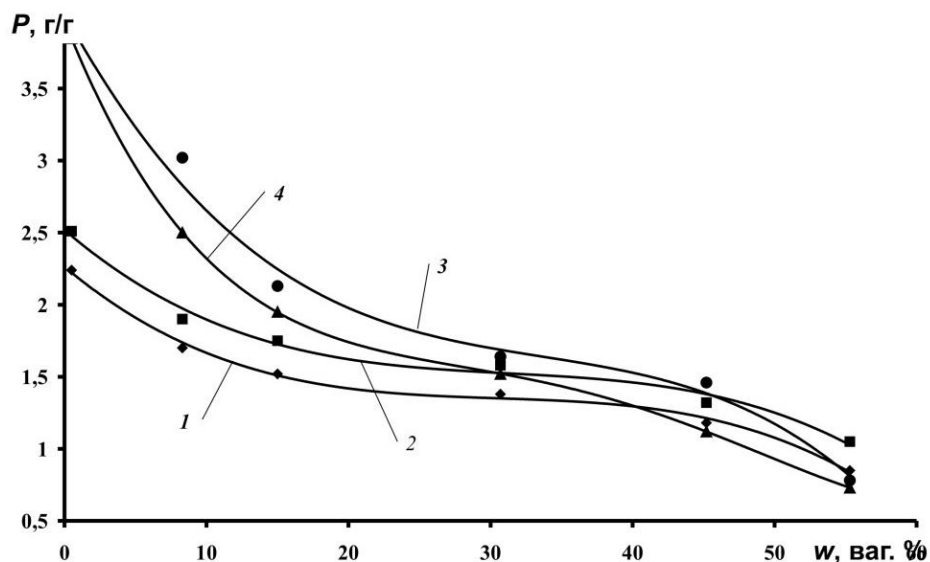


Рисунок 5.4 – Вплив відносного зволоження проб сорбенту Б на показники його поглинальної здатності до спектру нафтопродуктів та вуглеводнів:
 1 – бензин марки А-95; 2 – дизельне паливо марки Л; 3 – олива вакуумна М-8-В;
 4 – бензол нафтовий

Аналіз отриманих залежностей $P(w)$ свідчить про загальну тенденцію до зниження поглинальної здатності. Значне падіння поглинальної здатності спостерігається вже для 10 ваг.% відносної вологості проб сорбенту – перехід сорбенту зі стану природного гігроскопічного зволоження до стану максимального гігроскопічного зволоження. Це можна пояснити взаємодією гідратних комплексів органічних і мінеральних складових відходів (табл. 5.3) з фракціями нафтопродуктів. Також це пов'язано зі значною гідрофільністю мінеральної складової відходу (карбонати, сульфати кальцію) і розподілом великої частини води в капілярах і мікропорах сорбенту.

Цікавою, з практичної точки зору, є поведінка кривих $P(w)$ у проміжку 10..30 ваг. %. Для сорбенту А (рис. 5.3) характерна рівномірна регресійна поліноміальна закономірність. І навпаки, для сорбенту Б (рис. 5.4) на цьому проміжку характерним є нівелювання показника поглинальної здатності P , з подальшим різким спадом (для відносного зволоження понад 30 ваг. %). Ця риса сорбенту Б – «сповільнення» регресії показника поглинальної здатності з ростом відносної вологості – має велику практичну цінність із точки зору організації заходів із ліквідації розливів нафтопродуктів. Зволоження проб сорбенту в межах «природна вологість – максимальна гігроскопічна вологість» майже не впливає на показник поглинальної здатності P , що значно спрощує оцінку питомих показників сорбенту під час ліквідації аварій у складних умовах урбанізованих територій. Додатково, ця характерна риса сорбенту Б значно спрощує вимоги до транспортування та зберігання цього сорбенту, у порівнянні з аналогом А.

У технологіях ліквідації аварійних розливів нафтопродуктів важливою є оцінка швидкості процесів поглинання. Ця характеристика надає змогу визначити час максимального насичення, час раціонального використання сорбенту та інше. Результати дослідження кінетичних залежностей насичення зразків сорбентів наведені на рис. 5.5 та 5.6.

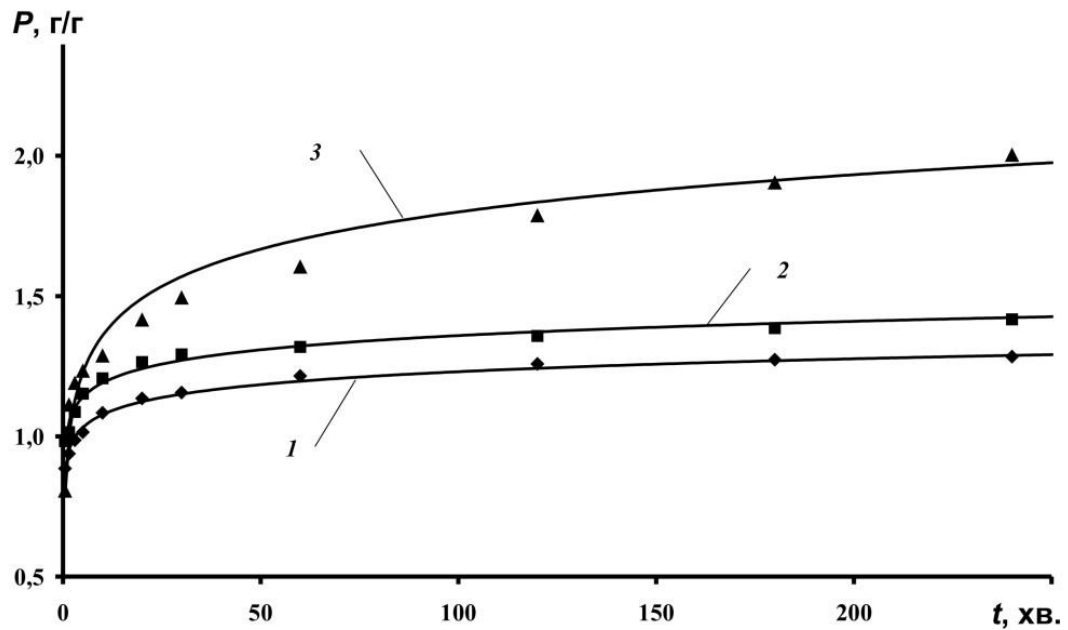


Рисунок 5.5 – Кінетика насичення проб сорбенту *A* спектром нафтопродуктів (фрагмент),

$\tau = 0 \dots 250$ з 1440, 1 – бензин марки А-95; 2 – дизельне паливо марки Л;
3 – олива вакуумна М-8-В

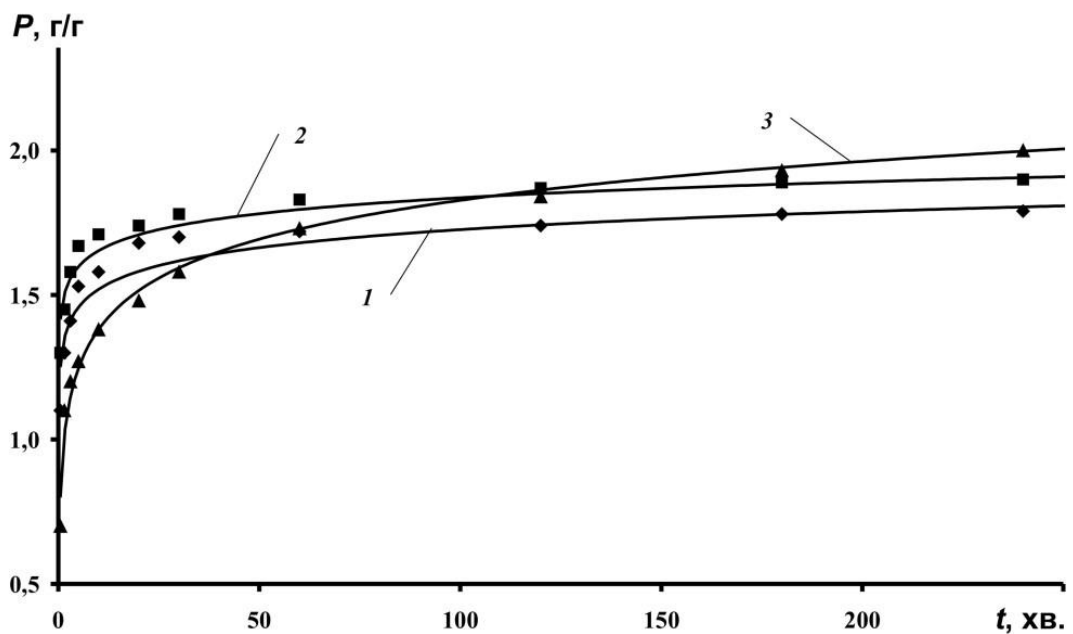


Рисунок 5.6 – Кінетика насичення проб сорбенту *B* спектром нафтопродуктів (фрагмент),

$\tau = 0 \dots 250$ з 1440, 1 – бензин марки А-95; 2 – дизельне паливо марки Л;
3 – олива вакуумна М-8-В

Для сорбенту А (рис. 5.5) процес насичення бензином і дизельним паливом умовно можна вважати закінченим після 250 хв. насичення. У процесах поглинання оливи спостерігається інша картина - показник насичення не досягає 70 % за 800 хв. насичення. Це пояснюється високою в'язкістю моторної оливи в порівнянні з іншими нафтопродуктами, які розглядаються. Характер кінетики насичення сорбенту Б (рис. 5.6) подібний до сорбенту А, проте процес насичення бензину та дизельного палива умовно можна вважати закінченим після 50 хв. насичення. Це пояснюється змінами в структурі сорбенту та «розпушуванням» тіла сорбенту частками опалого листя. Подібні зміни спрощують доступ нафтопродуктів до внутрішніх шарів сорбенту і значно підвищують кінетичні показники процесу насичення.

5.5. Висновки до розділу 5

Узагальнюючи результати досліджень, представлені в розділі дисертаційної роботи можна дійти таких висновків:

1. Опале листя, як група відходів зон зелених насаджень міста, може розглядатися як матеріалу для локалізації та збору аварійних розливів нафтопродуктів (далі за текстом – ЛАРН), органічних розчинників і рідких технічних вуглеводнів.
2. Експериментально встановлено, що опале листя має високу поглинальну здатність до широкого спектру нафтопродуктів. Експлуатаційні характеристики сорбентів на основі даних відходів можна порівняти з характеристиками традиційних сорбентів промислового виробництва.
3. Встановлено, що час насичення не є лімітуючим чинником ефективності цільового застосування опалого листя.
4. Опале листя має низьку гідрофобність і, як наслідок, не ефективно для очищення водної поверхні або систем «вода-нафтопродукт».
5. Результати дослідження свідчать, що опале листя зберігає свої експлуатаційні властивості сорбентів нафтопродуктів під час тривалого зберігання в мінімальних умовах контрольованої вологості.

6. Спираючись на результати експериментальних досліджень, опале листя рекомендується для накопичення для використання для збору розливів нафтопродуктів.

7. Сорбенти на основі композицій скопів паперової фабрики та опалого листя зон зелених насаджень міста доцільно використовувати як сорбенти для ЛАРН на транспорті.

8. Композиційні сорбенти на основі опалого листя мають широкий спектр використання та виражені поглинальні властивості до основних нафтопродуктів та вуглеводів, що перевозяться наливом. Встановлено, що поглинальна здатність досліджуваного сорбенту є конкуруючою в порівнянні з традиційними промисловими сорбентами.

9. Експериментальним шляхом встановлено оптимальні показники, які забезпечують максимальну експлуатаційну ефективність використання запропонованої композиції відходів для виробництва сорбентів нафтопродуктів.

10. Представлені дані та їх наукове трактування можна використовувати для планування й оптимізації ЛАРН на транспорті. Отримані залежності поглинальної здатності запропонованого сорбенту від експлуатаційних параметрів та чинників зовнішнього середовища доцільно використовувати в ході розрахунків питомих потреб сорбційних матеріалів для здійснення ЛАРН на транспорті. Впровадження запропонованої концепції дозволить мінімізувати екологічний збиток від різного роду розливів нафтопродуктів.

Матеріали п'ятого розділу висвітлені в опублікованих працях 2, 4, 5, 7, 13, 17, 18, 22 - 26 згідно переліку у додатку Е.

РОЗДІЛ 6.

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИКОРИСТАННЯ СОРБЕНТІВ НА ОСНОВІ ОПАЛОГО ЛИСТЯ ДЛЯ ЛОКАЛІЗАЦІЇ РОЗЛИВІВ НАФТОПРОДУКТІВ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

6.1. Обґрунтування стратегії превентивного накопичення сорбентів у зоні локалізації аварійного розливу нафтопродуктів на транспорті

Для наземної транспортної мережі характерні виняткові особливості, які зумовлюють не тільки процеси виникнення й розвитку аварійного розливу небезпечного вантажу, але і вимоги до технологій його локалізації та ліквідації. Будова залізничного полотна, його близькість до водних об'єктів, наявність системи для відведення зливових вод – усе це впливає на поширення (фізичну міграцію) залпової емісії небезпечного вантажу в об'єкти навколишнього середовища. У цьому випадку, своєчасна та ефективна локалізація емісії небезпечного вантажу є ключовим завданням для захисту довкілля від забруднення.

Відомі дослідження зазначають [66, 170, 172], що час до початку проведення локалізації і збору розливу небезпечних вантажів на транспорті є домінуючим чинником, який зумовлює корисність і загальну ефективність усього комплексу ліквідаційних заходів. Ступінь забруднення навколишнього середовища безпосередньо залежить від часу контакту розлитого небезпечного вантажу з об'єктами навколишнього середовища. Саме тому мінімізація часу від початку емісії небезпечного вантажу до початку її безпосередньої локалізації та збору є головним завданням.

Традиційні технології локалізації та збору розливів нафтопродуктів обґрунтовано вимагають принципової зміни в контексті чинника часу. Новою основою технологій ліквідації розливів небезпечних вантажів має стати доступна наявність матеріалів і технічних засобів для локалізації та збору розливів у будь-який час і в будь-якому місці. Цей принцип дозволить

вирішити низку організаційних завдань, а найголовніше – забезпечити матеріальне постачання на всіх етапах проведення ліквідаційних заходів.

Аварійна емісія небезпечних вантажів (нафтопродуктів зокрема) з котла цистерни, а в подальшому їх локалізація та ліквідація, характеризуються декількома матеріальними потоками, представленими на рис. 6.1.

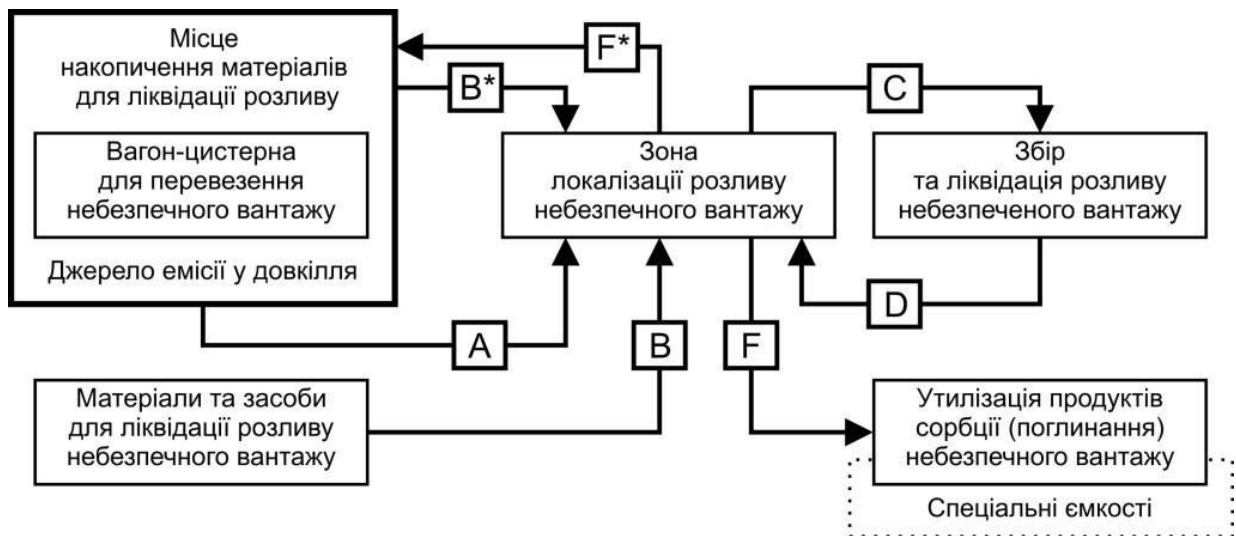


Рисунок 6.1 - Матеріальні потоки в процесах ліквідації аварійного розливу нафтопродуктів на залізничному транспорті

Традиційно вагон-цистерна сприймається виключно як джерело можливої емісії небезпечного вантажу в навколишнє середовище (матеріальний потік А на рис. 6.1). Для локалізації й ліквідації цієї емісії необхідно ззовні доставити спеціальну техніку та відповідні ліквідаційні матеріали (матеріальний потік В на рис. 6.1). Далі, процеси нейтралізації або сорбції нафтопродуктів перетворюють ліквідаційні матеріали (матеріальний потік С на рис. 6.1). Відпрацьовані й насичені ліквідаційні матеріали накопичуються в зоні локалізації розливу (матеріальний потік D на рис. 6.1), а після – збираються в спеціальні ємності (матеріальний потік F на рис. 6.1) та відправляються на утилізацію.

З іншого боку, вагон-цистерна має низку властивостей, необхідних для реалізації принципів превентивного накопичення матеріалів для ліквідації розливів. Серед них найбільш важлива властивість – цистерна завжди безпосередньо перебуває в зоні виникнення та локалізації розливу. Ця властивість може бути використана для забезпечення постійного або оперативного доступу до ліквідаційних матеріалів (сорбентів нафтопродуктів зокрема) безпосередньо в зоні утворення емісії небезпечного вантажу. Вагон-цистерна може стати місцем для попереднього накопичення ліквідаційних матеріалів, які, у разі потреби, можна використовувати за цільовим призначенням (матеріальний потік B^* на рис. 6.1). Додатково слід зазначити, що вагон-цистерну можна використати для накопичення насичених ліквідаційних матеріалів та відпрацьованих сорбентів нафтопродуктів (матеріальний потік F^* на рис. 6.1) для оперативного транспортування до місць тимчасового накопичення перед утилізацією.

Аналіз матеріальних потоків, представлених на рис. 6.1, свідчить, що найбільш перспективними є технології з превентивним накопиченням ліквідаційних матеріалів безпосередньо в місці утворення можливої емісії небезпечного вантажу. Розробка технічних рішень, що забезпечують реалізацію цієї технології, дозволить вирішити проблеми, широко висвітлені в першому розділі дисертації.

6.2. Опис запропонованої технології ліквідації розливів нафтопродуктів

Для реалізації стратегії превентивного накопичення сорбентів розроблена технологія локалізації та збору розливів нафтопродуктів на залізничному транспорті, яка складається з таких етапів:

- попереднє накопичення ліквідаційних матеріалів, сорбентів нафтопродуктів зокрема;
- превентивне розміщення накопичених сорбентів на вагоні-цистерні для перевезення небезпечних вантажів у спеціальних пристроях;

- цільове використання накопичених сорбентів у разі виникнення технологічного або аварійного розливу небезпечного вантажу;

- транспортування насичених сорбентів на утилізацію в спеціальних пристроях непошкоджених вагонів.

Реалізація цієї технологічної схеми дозволяє не тільки отримати оперативний доступ до ліквідаційних матеріалів у зоні утворення та локалізації розливу, а і значною мірою економити час на організацію закупівлі (придбання) і доставки цих матеріалів. Як зазначалося, ефективний вибір сорбенту є складним організаційним завданням, яке важко реалізувати в оперативних умовах проведення ліквідаційних заходів. Представлена технологічна схема дозволяє вирішити цю проблему завчасно: вибір, придбання та накопичення сорбентів нафтопродуктів відбуваються задовго до виникнення розливу.

У рамках технології пропонується накопичувати сорбенти нафтопродуктів у вигляді гнучких сорбційних патронів. Конструктивно (рис. 6.2) ці патрони подібні на сорбційні бони, які широко застосовують для збору та ліквідації розливів нафтопродуктів на поверхні води. Використання сорбційних патронів (рис. 6.2), дозволяє вирішити низку задач, які пов'язані з технологією локалізації та збору розливів небезпечних вантажів на залізничному транспорті.

До основних переваг запропонованої конструкції належать:

- конструкція сорбційного патрона дозволяє організувати сорбцію небезпечного вантажу з поверхні ґрунту, залізобетонних конструкцій або безпосередньо із шару небезпечного вантажу;

- гнучка структура дозволяє використовувати сорбційні патрони як переносні бар'єри для попередження подальшого розтікання небезпечного вантажу поверхнею землі;

- групу сорбційних патронів можна використовувати як фільтруючу греблю, що забезпечить локалізацію розливу без застосування землерийної техніки;

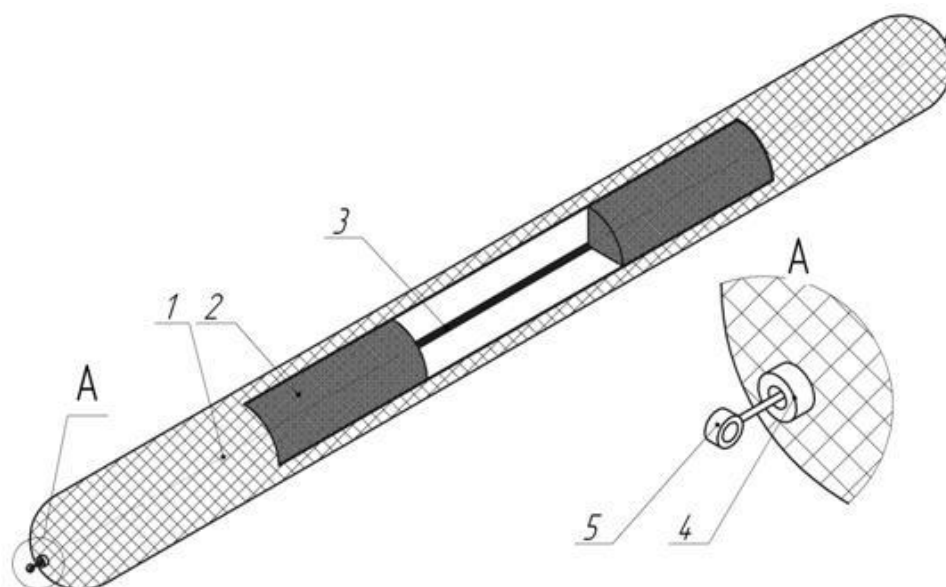


Рисунок 6.2 - Конструкція сорбційного патрону для превентивного накопичення сорбентів у зоні локалізації розливу нафтопродуктів
 1 – мішок із металевої або полімерної сітки, 2 – сорбент або інший матеріал для поглинання розлитого небезпечного вантажу, 3 – центральний стержень, 4 – фіксатори мішка, 5 – маніпуляційне кільце

- сорбент, обмежений мішком, перебуває в мобільному стані, що значно полегшує процес його збору після насичення;
- цільове застосування сорбційних патронів не передбачає застосування спеціальних підйомно-транспортних машин;
- конструкція сорбційного патрона дозволяє застосовувати сипучі або волокнисті матеріали, які демонструють сорбційні властивості до небезпечного вантажу й нафтопродуктів зокрема.

Для накопичення можна використати промислові зразки сорбентів, природні матеріали або відходи, які мають відповідні сорбційні властивості. Останні рекомендуються для превентивного накопичення. Це рішення зумовлено не тільки екологічними та економічними чинниками, значення яких очевидна. Для більшості промислових високоефективних сорбентів нафтопродуктів висуваються значні вимоги [65, 170, 74] до умов зберігання і транспортування – ізоляція від насичення гігроскопічною вологою зокрема. З технологічної точки зору застосування сорбентів на основі відходів є більш

раціональним. У роботах [172, 173,] зазначено, що вимоги щодо застосування, зберігання та транспортування сорбентів на основі промислових відходів або їх композицій значною мірою відповідають фактичним умовам перевезень на залізничному транспорті. Отже, цей вибір виправданий із технологічної та економічної точок зору.

Реалізація запропонованої технологічної схеми з використанням сорбційних патронів для превентивного накопичення сорбентів нафтопродуктів представлена на рис. 6.3.

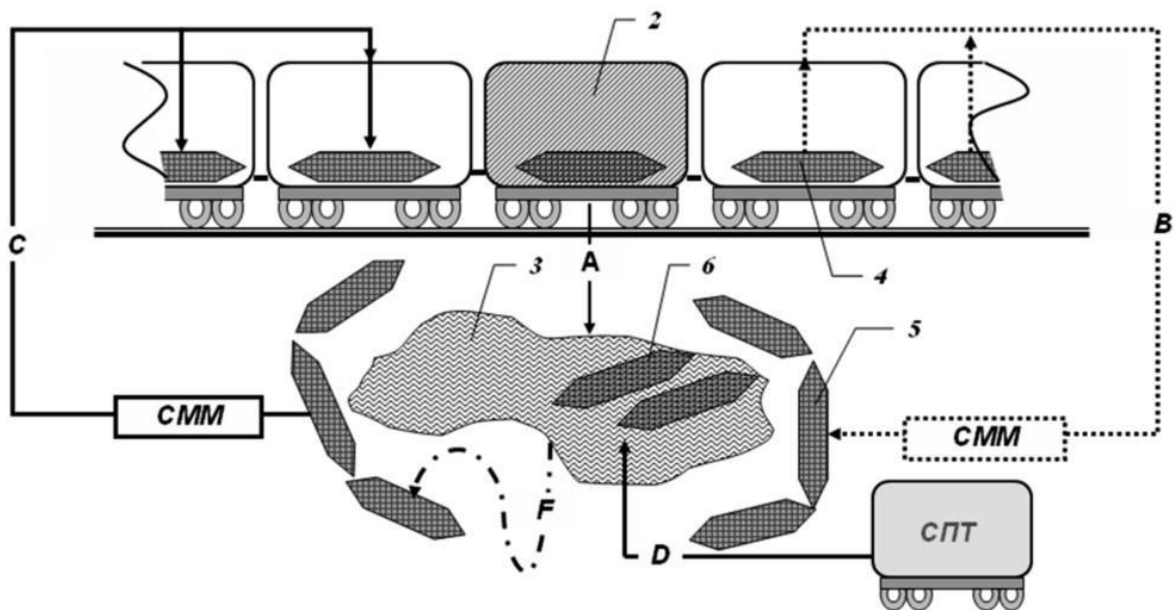


Рисунок 6.3 - Принципова схема локалізації та ліквідації розливу нафтопродуктів на залізничному транспорті з використанням сорбційних патронів

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

У випадку розгерметизації котла цистерни з різних причин утворюється джерело витоку небезпечного вантажу (матеріальний потік А на рис. 6.3). Далі використовуючи засоби малої механізації із сорбційних патронів, вилучених із групи непошкоджених вагонів, формують бар'єри або

фільтраційні греблі (матеріальний потік В на рис. 6.3). Основне завдання на цьому етапі – оперативна локалізація розливу небезпечного вантажу й запобігання його подальшій міграції до водойми, системи відведення зливових вод тощо. Під час наступного етапу додаткові сорбційні патрони (6 на рис. 6.3) занурюють у шар розлитого небезпечного вантажу для його сорбції.

На заключному етапі, після проведення всіх робіт із локалізації та ліквідації розливу, насичені небезпечним вантажем сорбційні патрони засобами малої механізації пакують (матеріальний потік С на рис. 6.3) у пристрої для транспортування, встановлені на групі непошкоджених вагонів. У такий спосіб сорбенти нафтопродуктів у складі сорбційних патронів мають подвійну операційну мобільність:

- доступність ліквідаційних матеріалів вирішує проблему їх закупівлі й доставки в зону локалізації розливу;
- запропонована схема спрощує збір і доставку відпрацьованих сорбентів до місць первинного накопичення та утилізації.

Фахівці в цій галузі [65, 73, 74, 170] звертають увагу на можливість займання вантажу, що є істотним чинником у плануванні та організації ліквідаційних заходів. У подібних умовах застосовуються засоби пожежогасіння (найбільш часто - воду), які розпилюються (матеріальний потік D на рис. 6.3) у зону утворення та локалізації розливу небезпечного вантажу. У цьому випадку засоби пожежогасіння формують інтенсивний стік особливо забруднених вод (матеріальний потік F на рис. 6.3). Бар'єри та фільтраційні греблі, виконані із сорбційних патронів, потенційно здатні не тільки локалізувати ці стоки, а й частково очистити води від забруднення небезпечним вантажем, нафтопродуктами зокрема.

Реалізація запропонованої технологічної схеми (на рис. 6.3), здатна забезпечити ефективний захист навколишнього середовища від негативного впливу, викликаного залповою емісією небезпечних вантажів. Запропоновані заходи та технічні рішення спрощують процедуру організації всіх етапів

проведення ліквідаційних заходів, забезпечують оперативний доступ до сорбентів у зоні виникнення та локалізації розливу небезпечного вантажу.

6.3. Техніко-економічний аналіз запропонованої технології ліквідації розливів нафтопродуктів

Для обґрунтування доцільності та ефективності реалізації запропонованої технології була проведена техніко-економічна оцінка деяких показників. Представлений аналіз враховував як конструкційні особливості сорбційного патрона та пристрою для його транспортування, так і вибір відповідного сорбенту. За основу розрахунків прийнято сорбційний патрон, параметри якого представлені в табл. 6.1.

Таблиця 6.1

Основні параметри сорбційного патрону та пристрою для транспортування

Параметр	Прийняте значення ¹⁾
Корисний об'єм сорбційного патрону, м ³	0,62 (1,24)
Вага сорбційного патрону (нетто), т	0,032 (0,064)
Вага пристрою для транспортування, т	0,31 (0,62)
Кількість сорбційних патронів в екіпіруванні одного вагона-цистерни, од./вагон	2
¹⁾ у дужках значення в перерахунку на один вагон-цистерну	

Для відповідних обчислень прийняті відомі показники поглинальної здатності сорбентів [62, 65, 173]. Результати обчислень, представлені в табл. 6.2, свідчать про те, що мінімальні капітальні вкладення характерні для наповнення одного сорбційного патрона тирсою листяних порід дерев. Це спричинено низькою ціною цього сорбенту в порівнянні з іншими варіантами. Разом із цим, використання тирси як сорбенту нафтопродуктів є неефективним з організаційної точки зору.

Техніко-економічне порівняння варіантів наповнення сорбційних патронів

Сорбент для превентивного накопичення	Q ¹⁾	R ¹⁾	W ¹⁾
Вага сорбційного патрону (брутто), т	0,11	0,13	0,14
Розрахункова вага сорбенту в сорбційному патроні, т	0,075 (0,15)	0,10 (0,2)	0,11 (0,22)
Розрахункова поглинальна здатність ²⁾ , т/т	5,8	2,4	1,2
Розрахункова здатність сорбційного патрону до поглинання небезпечного вантажу, т	0,44 (0,88)	0,24 (0,48)	0,13 (0,26)
Собівартість сорбенту, тис. грн./т	10,00	1,98	0,53
Капітальні витрати на заповнення одного сорбційного патрону, тис. грн./т	0,75 (1,50)	0,16 (0,32)	0,058 (0,12)
Капітальні витрати на виготовлення одного комплекту, тис. грн.	10,31		
Питомі капітальні витрати на ліквідацію розливу небезпечного вантажу, тис.грн./т	1,70	0,67	0,45
Розрахункова необхідна кількість сорбційних патронів, од./вагон	68 (34)	126 (63)	230 (115)
Розрахункові питомі капітальні витрати на організацію ліквідації розливу, тис. грн./т	24,11	43,46	79,10
Розрахункове питомих збільшення навантаження на вісь цистерни, т/вісь	0,21	0,24	0,24
Розрахункова максимальне навантаження на вісь цистерни під час транспортування сорбційного патрона на утилізацію, т/вісь	0,43	0,34	0,29
¹⁾ у дужках наведено значення в перерахунку на один вагон-цистерну			
²⁾ з розрахунку на поглинання дизельного палива марки Л			

Відповідно до технологічної схеми, представленої на рис. 6.4, для організації всіх етапів ліквідаційних заходів сорбційні патрони вилучаються з транспортних пристроїв групи не пошкоджених вагонів.

Аналіз даних у табл. 6.2 свідчить, що для ліквідації розливу 30 т дизельного палива марки Л необхідно 115 не пошкоджених вагонів із сорбційними патронами, наповненими тирсою. З огляду на середньостатистичну довжину вантажного поїзда, реалізація запропонованої технології неможлива. Використання альтернативних наповнювачів сорбційних патронів (активоване вугілля, сорбент на основі опалого листя) характеризується меншою кількістю необхідних непошкоджених вагонів – 63 та 34 відповідно.

Слід зазначити, що запропонована технологія передбачає повне переоснащення вагонів-цистерн – установку спеціальних пристроїв транспортування й сорбційних патронів, заповнених сорбентом. Отже, для оцінки питомих капітальних витрат на ліквідацію розливу однієї тонни небезпечного вантажу необхідно додатково враховувати капітальні витрати на виробництво й установку спеціального обладнання на вагон-цистерну. Результати, наведені в табл. 6.2, свідчать про найбільшу економічну ефективність використання сорбційних патронів, заповнених активованим вугіллям, незважаючи на максимальну ринкову вартість цього сорбенту серед усіх інших.

Важливим аспектом техніко-економічного аналізу запропонованої технології є оцінка впливу запропонованих пристроїв на технічні та експлуатаційні показники вагона. Попередньо встановлено, що пристрій для транспортування сорбційного патрона, встановлений на рамі стандартної чотиривісної цистерни для перевезення світлих нафтопродуктів, не перевищує габариту. У цьому контексті, важливим є збільшення загального навантаження на одну вісь цистерни. Результати розрахунків, наведені в табл. 6.2, свідчать, що середнє навантаження на одну вісь вагона-цистерни не перевищує 250 кг. Це значення не є критичним і відповідає нормі запасу

міцності вантажного залізничного вагона. За умов перевезення насиченого сорбційного патрона на утилізацію це навантаження може зрости. Для варіанту Q (табл. 6.2) завантаження на одну вісь наближається до максимального допустимого значення – понад 400 кг на одну вісь цистерни. Варіанти наповнення сорбційних патронів тирсою та опалим листям характеризуються меншим значенням максимального навантаження на вісь (290 та 340 кг на вісь відповідно).

6.5. Висновки до розділу

1. Неєфективність традиційних технологічних схем локалізації та ліквідації розливів небезпечних вантажів пов'язана з проблемами оперативного вибору, закупівлі й доставки ліквідаційних матеріалів. Такі схеми ліквідації демонструють відстрочену ефективність та не реалізуються в реальних умовах.

2. Ефективність заходів захисту навколишнього середовища від наслідків аварійного розливу небезпечного вантажу безпосередньо залежить від часу початку контакту розлитих небезпечних вантажів з об'єктами навколишнього середовища до їх сорбції на поверхні поглинаючих матеріалів. Отже, нові технології мають ґрунтуватися на принципі постійної доступності матеріалів і технічних засобів для локалізації та збору розливів небезпечних вантажів у будь-який час і в будь-якому місці.

3. Результати досліджень свідчать, що найбільш перспективними є технології превентивного накопичення ліквідаційних матеріалів безпосередньо в місці утворення можливого розливу небезпечного вантажу. Цей підхід дозволяє вирішити низку технологічних, економічних та екологічних проблем.

4. За результатами досліджень розроблено принципово нову технологічну схему локалізації та ліквідації розливів нафтопродуктів на залізничному транспорті, а також технічні засоби, що забезпечують її реалізацію. Ця технологія дозволяє накопичувати сорбенти нафтопродуктів

безпосередньо на вагонах-цистернах для їх перевезення, що забезпечує прямий доступ до ліквідаційних матеріалів у випадку розгерметизації котла цистерни і виникнення аварійної емісії небезпечного вантажу в навколишнє середовище.

5. Проведений техніко-економічний аналіз показує, що запропонована технологія має низку переваг у порівнянні з традиційними підходами до локалізації та ліквідації екологічних наслідків розливів нафтопродуктів на залізничному транспорті, серед яких:

- організаційна та експлуатаційна простота технології;
- мінімізація часу підготовки для початку локалізації розливу і збору розлитого небезпечного вантажу;
- можливість ефективної реалізації ліквідаційних заходів у складних умовах;
- можливість застосування сорбентів нафтопродуктів різної природи, гранулометричного складу та морфології;

6. Серед недоліків запропонованої технології, що вимагають додаткового вивчення та доопрацювання, слід виділити:

- значні капітальні та експлуатаційні витрати на створення системи превентивного накопичення сорбентів нафтопродуктів у рамках залізничного вантажного сполучення;
- домінуючий вплив людського чинника в організації та проведенні ліквідаційних заходів із використання сорбційних патронів.

Матеріали шостого розділу висвітлені в опублікованих працях 3, 4, 8, 14, 16, 17, 20, 24 згідно переліку у додатку Е.

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 зменшенню 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.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Білобран О. Спалювання листя. *Вісник екологічної адвокатури*. 2001. № 16. С. 31.
2. Правила утримання зелених насаджень міст та інших населених пунктів України: Наказ Мінбуд України від 10.04.2006 № 105. *Офіційний вісник України*. 2006. № 31. С 415, стаття 2276.
3. Про рослинний світ: Закон України від 09.04.1999 № 591-XIV [у редакції Закону України від 04.10.2018 №2530-VIII]. *Відомості Верховної Ради України*. 1999. № 22–23. С. 198.
4. Кодекс України про адміністративні правопорушення: Закон України від 07.12.1984 № 8073-X [у редакції Закону України від 10.07.2018 № 2501-VIII]. *Відомості Верховної Ради Української РСР*. 1984. Додаток до № 51. С. 1122.
5. ДСанПіН 2.2.7.029-99. Гігієнічні вимоги щодо поводження з промисловими відходами та визначення їх класу небезпеки для здоров'я населення. [Чинний від 01.07.1999]. Київ: Міністерство охорони здоров'я України, 1999. 36 с.
6. Katami, T., Yasuhara A., Shibamoto T. Formation of dioxins from incineration of fallen leaf. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*. 2004. Vol. 72.1. P. 114-118. DOI: 10.1007/s00128-003-0248-1.
7. Surindra S., Gairola S. Nutrient recovery from urban forest leaf litter waste solids using *Eisenia fetida*. *Ecological engineering*. 2014. Vol. 71. P. 660-666 DOI: 10.1016/j.ecoleng.2014.08.010.
8. Andreae M. O., Merlet P. Emission of trace gases and aerosols from biomass burning. *Global biogeochemical cycles*. 2001. Vol. 15.4. P. 955-966. DOI: 10.1029/2000GB001382.

9. Schmidl C., Bauer H., Dattler A. and other Chemical characterisation of particle emissions from burning leaves. *Atmospheric Environment*. 2008. Vol. 42, Issue 40. P. 9070-9079. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2008.09.010.

10. Tomašević M., Vukmirović Z., Rajšič S. and other Contribution to biomonitoring of some trace metals by deciduous tree leaves in urban areas. *Environmental monitoring and assessment*. 2008. Vol. 137:393. DOI: 10.1007/s10661-007-9775-2.

11. Лотош В. Е. Переработка отходов природопользования. Екатеринбург: Полиграфист, 2007. 101 с. ISBN: 5-88425-216-1.

12. Shibamoto T., Akio Y. and Takeo K. Dioxin formation from waste incineration. *Reviews of environmental contamination and toxicology*. 2007. Vol. 190 Springer: NY. P. 1-41. DOI: 10.1007/978-0-387-36903-7_1.

13. Composting and leaf collection kit and method: Patent 5524423 USA, Int.Cl⁰⁶ B65B 11/00, D65D 65/46, B65D 63/10, E04H 15/62. appl. No.:273851, filed Jul. 12, 1994; date of patent Jun. 11, 1996. 5 p.

14. Protecting our water, soil and air: A code of good agricultural practice for farmers, growers and land managers. Belfast: TSO Ireland. 2009. 214 p. ISBN: 978-0-11-243284-5.

15. Беловежец Л. А., Волчатова И. В. и Медведева С. А. Перспективные способы переработки вторичного лигноцеллюлозного сырья. *Химия растительного сырья*. 2010. №2. С. 5–16.

16. Игонин А. М. Дождевые черви. Москва: Народное образование, 2006. 189 с. ISBN: 5-87953-248-8.

17. Сметанин В. И. Защита окружающей среды от отходов производства и потребления. Москва: Издательство Колос, 2003. 230 с. ISBN: 5-9532-0068-4.

18. Павличенко А. В., Борисовська О. О. та Паршуткін М. А. Шляхи вирішення проблеми поводження з рослинними відходами у м. Дніпропетровськ. *Форум гірників – 2012*: матеріали міжнар. конф.

(м. Дніпропетровськ, 3-6 жовтня 2012 р.). м. Дніпропетровськ: НГУ, 2012, Т. 1. С. 197-202. URI: <http://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/150157>.

19. Павличенко А.В., Борисовська О. О. Дослідження властивостей рослинних відходів та обсягів їх утворення на території м. Дніпропетровськ *Національний гірничий університет. Збірник наукових праць.* Дніпропетровськ, 2012. № 39. С. 207-214. URI: <http://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/147814>.

20. Ищенко А. В., Лавская О. Е. и Ненашко М. С. Опавшая листва как источник гуминовых кислот. *Урбоэко системы: проблемы и перспективы развития: материалы V научно-практической конференции* (Ишим, 25 – 26 марта, 2010 г.). Ишим: Изд-во ИГПИ им. П.П. Ершова, 2010, вып 5. С. 275-276.

21. Спосіб отримання бактеріального добрива: Пат. 27855 Україна: МПК⁰⁶ C05F 11/00. № у 200710769; заявл. 01.10.2007; опубл. 12.11.2007; Бюл. № 18. 4 с.

22. Д'яконов В. І., Д'яконов О. В., Скрипник О. С. та інші Еколого-економічні питання утилізації опалого листя на територіях міста. *Комунальне господарство міст. Серія: Економічні науки.* 2016. вип. 129. С. 51-55.

23. Попик О. В. Еколого-економічні аспекти поводження з опалим листям на урбанізованих територіях. *Економічні інновації.* 2014. №58. С. 266-272.

24. Мовчан Я.І., Шаравара В.В., Федоришин Б.О. Моніторинг екологічних ризиків поводження з опалим листям на урбанізованих територіях. *Вісник Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка: Серія екологія.* 2016. Вип. 1. С. 175-184.

25. Єлізаров О. І., Лисенко О. І. Отримання біогазу з опалого листя. *Вісник КрНУ ім. Михайла Остроградського.* 2013. № 4. С. 166-169.

26. Запорожець О.І., Савченко В.І., Карабцов Г.П. та інші. Паливо з біомаси на основі опалого листя. *Вісник Національного Авіаційного Університету.* 2010. Вип. 42.1. С. 185-190.

27. Способ глубокой переработки растительного органического топлива без использования химических скрепляющих компонентов и брикетированное топливо: Патент 2551856 RU: МПК C10L5/44, C10L5/40, C10L5/08, C10L5/00. № 2014108913/04; заявл. 06.03.2014; опубл. 27.05.2015 Бюл. № 15. 5 с.

28. Спосіб утилізації відходів у вигляді опалого листя: Пат. 52029 Україна: МПК⁰⁹ C10L 5/00. № u201001711; заявл. 18.02.2010; опубл. 10.08.2010, Бюл. № 15. 4 с.

29. Спосіб виготовлення паливного або кормового, або теплоізоляційного екологічно чистого біобрикету: Пат. 81138 Україна: МПК⁰⁶ C05F 9/00, C05F 9/04, C05F 11/00. № u201104648; заявл. 15.04.2011; опубл. 25.11.2011, Бюл. № 20. 6 с.

30. Leaf Log: BBC Breakfast News, 06:53, Sept. 15, 2011. YouTube Inc. – URL: http://www.youtube.com/watch?v=ekUPiocrWEM&feature=player_embedded#!.

31. Сорока М. Л., Зеленко 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.

32. Annunciado, T. R., Sydenstricker, T. H. D. and Amico, S. C. Experimental investigation of various vegetable fibers as sorbent materials for oil spills. *Marine pollution bulletin*. 2005. Vol. 5, Issue 11, P. 1340-1346. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2005.04.043.

33. Khan, E., Virojnagud, W. and Ratpukdi, T. Use of biomass sorbents for oil removal from gas station runoff. *Chemosphere*. 2004. Vol. 57, Issue 7, P. 681-689. DOI: j.chemosphere.2004.06.028.

34. Сорбційний матеріал для очистки поверхні водних середовищ та ґрунту від нафти та нафтопродуктів: Пат. 38206 Україна: МПК⁰⁷ B01J 20/16, C02F 1/28. № 2000063298; заяв. 06.06.2000; опубл. 15.05.2001; Бюл. № 4. 5 с.

35. Sidik, S. M., Jalil, A. A., Triwahyono, S. and other Modified oil palm leaves adsorbent with enhanced hydrophobicity for crude oil removal. *Chemical Engineering Journal*. 2012. Vol. 203. P. 9-18. DOI: 10.1016/j.cej.2012.06.132.

36. Bailey, S. E., Olin, T. J., Bricka, R. M., Adrian, D. D. A review of potentially low-cost sorbents for heavy metals. *Water research*. 1999. Vol. 33, Issue 11. P. 2469-2479. DOI: 10.1016/S0043-1354(98)00475-8.

37. Hamdaoui, O. Removal of cadmium from aqueous medium under ultrasound assistance using olive leaves as sorbent. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*. 2009. Vol. 48, Issue 6. P. 1157-1166. DOI: 10.1016/j.cep.2009.04.002.

38. Deniz, F., Karaman, S. Removal of Basic Red 46 dye from aqueous solution by pine tree leaves. *Chemical Engineering Journal*. 2011. Vol. 170, Issue 1. P. 67-74. DOI: 10.1016/j.cej.2011.03.029.

39. Cengiz, S., Tanrikulu, F., Aksu, S. An alternative source of adsorbent for the removal of dyes from textile waters: *Posidonia oceanica* (L.). *Chemical Engineering Journal*. 2012. Vol. 189–190. P. 32-40. DOI: 10.1016/j.cej.2012.02.015.

40. Дворкин, Л. И., Дворкин, О. Л. Строительные материалы из отходов промышленности. Ростов на Дону: Феникс. 2007. 368 с.

41. Титова, С. А., Кузьменков, А. А. Измельчённая древесина: опыт и перспективы применения (на примере республики Карелия). *Фундаментальные исследования*. 2013. Вып. 10-10. С. 2174-2177.

42. Torkaman, J., Ashori, A., Momtazi, A. S. Using wood fiber waste, rice husk ash, and limestone powder waste as cement replacement materials for lightweight concrete blocks. *Construction and building materials*. 2014. Vol. 50. P. 432-436. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2013.09.044.

43. Коровяков В. Ф. Расширение производства местных строительных материалов – эффективный путь снижения стоимости строительства малоэтажных домов. *Вестник МГСУ*. 2009. Спецвыпуск №3. С. 54-59.

44. Джумаев Д. С. Арболит на основе стеблей хлопчатника и технологические особенности его изготовления. *Вестник КГУСТА*. 2012. № 3. С. 10-15.

45. Наназашвили И. Х. Строительные материалы из древесно-цементной композиции. Ленинград: Стройиздат. 1990. 415 с. ISBN 5-274-00758-9.

46. Мищенко, О. А. Экологичность применения цементно-стружечных плит в строительстве. *Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного комплекса*. Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2017. Вып. 17. С. 326-330.

47. Стородубцева, Т. Н., Камышанов, Д. Т. Применение различных видов древесного наполнителя в композиционных материалах. *Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета*. 2015. Вып. № 2(9). С. 104-110.

48. Бабенко, М. М., Бендерский, Ю. Б., Савицкий, Н. В. Органические заполнители из местных материалов для легких бетонов в экологическом малоэтажном строительстве. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2013. Вып. 1-2. С. 178-179.

49. Бехта П. А., Салабай Р. Г. Класифікація деревинних композиційних матеріалів. *Лісівнича академія наук України: наукові праці*. 2002. Вип. 1. С. 114-117.

50. Галяветдинов Н. Р., Валиев Ф. Г., Хасаншин Р. Р. Оценка влияния термической обработки древесного наполнителя на эксплуатационные свойства цементно-стружечной плиты. *Вестник Казанского технологического университета*. 2012. Вып. 15(10). С. 85-87.

51. Мельникова Л.В. Технология композиционных материалов из древесины: учебное пособие. Москва: МГУЛ, 2004. 234 с.: ил.

52. Угрюмов С. А., Осетров А. В. Экологически чистые композиционные материалы конструкционного назначения на основе

отходов деревообработки. *Вестник Костромского государственного технологического университета*. 2011. № 1. С. 48-51.

53. Угрюмов С. А. Свойства пьезотермопластиков на основе различного древесного вір'я. *Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика*. 2015. Вып. 3 часть (2-1). С. 472-476.

54. Савельев В. В., Левинский Ю. Б. Возможности производства и применения строительных материалов на основе древесины в сельской местности. *Функционирование агропромышленного производства региона*. 2010. № 1 (12). С. 89-94.

55. Торфодревесная композиция для изготовления конструкционно-теплоизоляционных строительных материалов: Пат. 2307813 RU: МПК С04В 38/00, С04В 18/26, С04В 16/06. № 2005130585/03; заяв. 2005.10.03; опубл. 2007.10.10. Бюл. 28. 4 с.

56. Смирнова О. Е. Костра льна – органический наполнитель для производства строительных материалов. *Труды НГАСУ*. 2011. Том. 1. № 3 (52). С. 117-122.

57. Бакатович, А. А., Давыденко, Н. В. Опыт применения теплоизоляционных плит на основе растительных отходов сельскохозяйственного производства. *Вестник гражданских инженеров*. 2014. Вып. 5 (46). С. 77-84.

58. Юрченко В. В., Плугин А. А., Геворкян Э. С. и другие Анализ возможности производства и применения композиционных материалов на основе древесины и термопластичных полимеров. *Збірник наукових праць УкрДАЗТ*. 2012. Вип. 130. С. 84-90.

59. Угрюмов С. А., Смирнов, Д. А. Комплексная оценка свойств древесно-стружечных плит на основе фурфуролацетонового мономера ФА. *Лесной вестник*. 2013. Вып. 2 (94). С. 76-78.

60. Зеленцова М. В., Романов А. Н. Использование отходов растениеводства для изготовления цементных и гипсовых материалов. *Ползуновский вестник*. 2011. Вып. (4-2). С. 177-179.

61. Бодачівська Л. Ю. Запобігання розповсюдженню та ліквідація вуглеводневих забруднень. *Екологія довкілля та безпека життєдіяльності*. 2008. № 5, С. 55-58.

62. Зеленко Ю. В. Плахотник В. Н. Поглощительная способность материалов, используемых для ликвидации транспортных аварий с нефтепродуктами. *Экотехнологии и ресурсосбережение*. 2004. № 2. С. 35- 37.

63. Луценко А. Н. О применении инновационных сорбентов и устройств для ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов. *Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности»*. 2012. Вып. № 3 (43). С. 1-8. URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2012-3/18-03-12.ttb.pdf>.

64. Переста І. Я., Яришкіна Л. О., Зеленко Ю. В. та ін. Забезпечення вдосконалення профілактичних заходів під час перевезення небезпечних. *Збірник наукових праць ДНУЗТ*. Дніпропетровськ: Вид. ДНУЗТ, 2011. Вип. 1. С. 82-88.

65. Плахотник В. Н. Ярышкина Л. А. , Сираков В. И. и др. Природоохранная деятельность на железнодорожном транспорте Украины: проблемы и решения. Київ: Транспорт України, 2001. С. 150-161. ISBN 5-7705-0161-8.

66. Попов С. Н., Морозова Л. Я. , Ефимов С. Е. и др. Способы и средства нейтрализации аварийных разливов нефти в условиях низких температур Якутии. *Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело»*. 2011. № 2. С. 184-192. URL: http://www.ogbus.ru/authors/PopovSN/PopovSN_1.pdf.

67. Adebajo M. O. Frost R. L., Kloprogge J. T. , Carmody O. and Kokot S. Porous materials for oil spill cleanup : a review of synthesis and absorbing properties. *Journal of Porous Materials*. 2003. Vol. 10, Num. 3. P. 159-170. DOI: 10.1023/A:1027484117065.

68. Al-Majed Ab. A., Adebayo Ab. R., Hossain E. A Sustainable Approach to Controlling Oil Spills. *Journal of Environmental Management*. 2012. Vol. 113. P. 213-227. DOI: 10.1016/j.jenvman.2012.07.034.

69. Khan M. I. Islam M. R. Handbook of Sustainable Oil and Gas Engineering Operations Management. Austin Texas: Gulf Publishing Company. 430 p. ISBN: 978-1-85617-558-6.

70. McBride Ph., Natta, S. V. How to Clean Up an Oil Slick. *Polymer and Plastics Technology: Activity 16*. – Terrific Science : Lessons and lab exchange on-line. – 9 p. URL: <http://www.terrificscience.org/lessonpdfs/PolymerLab16.pdf>.

71. Бабенко О. В., Сенчихін Ю. М., Тригуб В. В. Пристрій для оперативної ліквідації пошкоджень апаратів з небезпечними речовинами. *Проблеми надзвичайних ситуацій*: зб. наук. пр. 2010. Вип. 11. С. 14-20.

72. Правила безпеки та порядок ліквідації наслідків аварійних ситуацій з небезпечними вантажами при перевезенні їх залізничним транспортом: Наказ Мін. транс. України від 16 жовтня 2000 р. № 567 [зі змінами від 25.11.2008 № 1431]. Оф. вид. К.: Мін. трансп. та зв'язку України, Укрзалізниця. 2009. 753 с.

73. Oil spill in the kerch strait: Ukrainian post-disaster needs assessment. European Commission United Nations Environment Programme. 2008. 11 p. ISBN 978-92-807-2958-0.

74. Use of sorbent materials in oil spill response: The international tanker owners pollution federation limited (ITOPF). Technical information paper. 2012. Vol. 8. 12 p.

75. National Transportation Safety Board. Enbridge Incorporated Hazardous Liquid Pipeline Rupture and Release, Marshall, Michigan, July 25, 2010: Pipeline Accident Report NTSB/PAR-12/01. Washington. 2010. 149 p.

76. Іванченко, О. Є. Інвентаризація та оцінка стану деревних насаджень парку ім. Калініна м. Дніпропетровськ. *Питання біоіндикації та екології*. 2013. Вип. 18, № 2, С. 211-226.

77. Зібцева О. В., Захаров А. Д. Характеристика системи озеленення міста Українка. *Наукові доповіді НУБіП України*, 2013, вип. 4 (40).

78. Пономарьова, О. А. Біорізноманіття та житєвий стан лінійних пришляхових насаджень м. Дніпро (на прикладі проспекту ім. Б.

Хмельницького). *Наука. Молодь. Екологія-2018*: за матеріалами XIV-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених (м. Житомир, 17 травня 2018 року). Житомир: ЖНАУ, 2018. – С.179-183.

79. ДСТУ ДК 005-96. Класифікатор відходів. Київ: Держстандарт України, 1996. 305 с. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0089217-96>.

80. ДСТУ ISO 10381-1:2004 Якість ґрунту. Відбирання проб. Частина 2. Настанови з методів відбирання проб (ISO 10381-2:2002, IDT). [Чинний від 2006-04-01]. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 2006. 30 с.

81. Якість ґрунту. ISO 10381-2:2004 Якість ґрунту. Відбирання проб. Частина 2. Настанови з методів відбирання проб (ISO 10381-2:2002, IDT). [На заміну ГОСТ 28168-89, чинний від 2007-05-01]. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 2006. 30 с.

82. ДСТУ 4287:2004. Якість ґрунту. Відбирання проб. [Чинний від 2006-04-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 5 с.

83. МВВ № 081/12-0785-11 Ґрунти та відходи. Методика виконання вимірювань вологості методом висушування до постійної маси (вологостість в ґрунтах (відходах) від 1% до 100% включно; гігроскопічна вологість в ґрунтах від 1% до 100% включно). Київ: УкрНДІЕП, 2011. 15 с.

84. РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. [Введ. 1991-07-01]. Москва : Госкомгидромет СССР, 1991. 693 с.

85. МУ 1648-77 Методические указания на фотометрическое определение ацетона в воздухе - лаборатория санитарно-химических методов исследования Института гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР утверждена 18.04.1977 Заместитель Главного государственного санитарного врача СРСР. ЦРИА Морфлот. 1981 г.

86. Державні санітарні правила охорони атмо- сферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами) (ДСП-201-97): Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 09.07.1997 р. № 201 [у редакції Наказу Міністерства охорони здоров'я України від 23.02.

2000 р. № 30]. *Законодавство України*. URI: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0201282-97>.

87. Про затвердження Порядку організації та проведення моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря: Постанова Кабінету Міністрів України від 03.03.1999 р. N 343 [у редакції Постанови Кабінету Міністрів від 30.10.2013 №748]. *Урядовий кур'єр*. 2013. № 199.

88. Газоаналізатор ОКСИ 5Н5М: Руководство по эксплуатации. Харьков: ООО "ЭКОТЕСТ". 2015. 16 с.

89. Щербаченко, О. І. Важкі метали як токсичний фактор забруднення природного середовища. Стійкість і адаптація рослин до їх впливу. *Наукові записки Державного природознавчого музею*. 2014. Вип. 30. С. 157-182.

90. Гололобова О. Оцінка поліелементного забруднення ґрунтів територій різного рівня антропогенного навантаження. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2011. Вип. (1-2). С. 118-125.

91. Цветкова Н. М., Клименко Т. К. Техногенні аномалії важких металів у ґрунтах урболандшафтів Степового Придніпров'я (на прикладі м. Дніпродзержинська). *Ґрунтознавство*. 2005. Т. 6, № 1–2, С. 45-52.

92. Романюк А. М. Сікора В. В., Линдіна Ю. М. та інші Поширеність важких металів у навколишньому середовищі та їх роль у життєдіяльності організму (огляд літератури). *Буковинський медичний вісник*. 2017. Т. 21, № 2(1). С. 145-150.

93. Єгорова Т. М. Фоновий вміст важких металів та його екологічна інформативність у ґрунтах ландшафтів зони українського Полісся. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2014. Вип. 81. С. 65-72.

94. Яковишина Т. Ф. Порівняльний аналіз підходів до екологічної оцінки поліелементного забруднення ґрунтів урбоєкосистеми важкими металами. *Вісн. Придніпров. держ. акад. буд. та архітектури*. 2016. № 6. С. 25-31.

95. Яковишина Т. Ф. Екологічна оцінка поліелементного забруднення важкими металами ґрунтів м. Дніпропетровська. *Вісн. Криворізь. нац. унту*: зб. наук. праць. 2016. № 41. С. 78-83.

96. Mach V., Sir M., Soroka M. Industrial Ukraine. Impact of pollution on inhabitants and the environment in five industrial cities. Prague: Arnika, 2018. 48 p. ISBN: 978-80-87651-47-6.

97. Стеценко Д. О., Смирнов В. М., Долін В. В. Балансовий розподіл важких металів у компонентах лісової екосистемі. *Збірник наукових праць Інституту геохімії навколишнього середовища*. 2007. Вип. 15. С. 109-114.

98. Мазуряк О. Т., Мищук О. А., Мідяний С. В. Важкі метали у системі «ґрунт - рослина». *Науковий вісник ЛНАВМ ім. С.З. Гжицького*. 2007. Том. 9, №2 (33), Ч. 3. С.210-215.

99. Корнелю Н. М. Особливості біологічної акумуляції важких металів деревною рослинністю в умовах антропогенного тиску. *Вісник Черкаського університету: науковий журнал*. Вип. 156. Серія: Біологічні науки. С. 31-37.

100. ГОСТ 17.4.1.02-83. Межгосударственный стандарт Почвы: Классификация химических веществ для контроля загрязнения [Введ. 1985-01-01]. Москва: Издательство стандартов, 1985. 10 с.

101. Бессонова В. П., Зайцева І. А. Вміст важких металів у листі дерев і чагарників в умовах техногенного забруднення різного походження. *Питання біоіндикації та екології*. 2008. Вип. 13, № 2. С. 62–77.

102. Якуба М. С. Вміст важких металів у компонентах поркових деревних угруповань м. Дніпропетровськ. *Питання степового лісознавства та рекультивації земель*. 2011. Вип. 40. С.76-81.

103. Якуба М. С. Топологічні особливості накопичення важких металів у підстилці та опаді штучних насаджень Присамар'я Дніпровського. *Екологія та ноосферологія*. 2008. Т. 19. № 3-4. С. 67-76.

104. Тимчасовий перелік методик вимірювань, допущених до використання уповноваженими територіальними та міжрегіональними

територіальними органами Державної екологічної інспекції України: Наказ Державної екологічної інспекції України від 11.01.2019 № 12.

105. ДСТУ 4770.(1-9):2007 Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук марганцю (цинку, кадмію, заліза, кобальту, міді, нікелю, хрому, свинцю) в ґрунті в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії. [Чинний від 2009-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 170 с. (збірник Державних стандартів України)

106. МВВ 31-497058-015-2003 Визначення вмісту рухомих форм важких металів (Co, Cu, Cd, Ni, Pb, Zn, Mn, Fe) у ґрунті в 1н НСІ на атомно-абсорбційному спектрофотометрі. Методи аналізів ґрунтів і рослин. Харків: ННЦ ПА, 1991. С. 175–192.

107. Дворкин Л. И., Дворкин О. Л. Строительные минеральные вяжущие материалы. Москва: Инфра-Инженерия. 2011. 544 с. ISBN 978-5-9729-0035-0.

108. Caetano D.E., Alves, J. L., Neto, R. L., Duarte T. P. Development of Plaster Mixtures Formulations for Additive Manufacturing. In: Silva L. (eds) *Materials Design and Applications. Advanced Structured Materials*. 2017. Vol 65. Springer, Cham. P. 257-277. DOI: 10.1007/978-3-319-50784-2_20.

109. Shiroma L., Camarini G., Beraldo A. L. Effect of wood particle treatment on the properties of gypsum plaster pastes and composites. *Matéria*. Rio de Janeiro. 2016. Vol. 21, Issue 4. P. 1032-1044. DOI: 10.1590/s1517-707620160004.0095.

110. Morales-Conde M. J., Rodríguez-Liñán C., Pedreño-Rojas M. A. Physical and mechanical properties of wood-gypsum composites from demolition material in rehabilitation works. *Construction and Building Materials*. 2016. Vol. 114. P. 6-14. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2016.03.137.

111. EN 12859:2011. Gypsum blocks – Definitions, requirements and test methods [16. 11. 2018]. 2018/C/092/6 (hEN), 2018/C/370/5 (EAD). URI: <https://www.nfnorm.cz/en/ehn/214>.

112. ДСТУ Б.В.2.7-111:2001 Плити гіпсові для перегородок і внутрішнього облицювання стін. Технічні умови. [На заміну ГОСТ 6428-83, чинний від 2002-04-01]. Вид. офіц. Київ: Держбудівництво України, 2002. 14 с.

113. ДСТУ Б В.2.7-82:2010 Будівельні матеріали. В'язучі гіпсові. Технічні умови. [На заміну ДСТУ Б В.2.7-82-99 та РСТ УССР 1599-79, чинний від 2011-03-01]. Вид. офіц. Київ: Держбудівництво України, 2002. 62 с.

114. ISO/TS 17892-2. Geotechnical investigation and testing. Laboratory testing of soil. Part. 4: Determination of particle size distribution.

115. ДСТУ Б В.2.1-19:2009. Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Методи лабораторного визначення гранулометричного (зернового) та мікроагрегатного складу. [На заміну ГОСТ 12536-79, чинний від 2010-10-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 47 с.

116. Зеленько, Ю. В., Плахотник, В. Н. Поглощительная способность материалов, используемых для ликвидации транспортных аварий с нефтепродуктами. *Экотехнологии и ресурсосбережение*. 2004. № 2. С. 35-37.

117. Завьялов В. С. Сорбционная емкость материалов по отношению к нефтепродуктам. *Экология и промышленность России*. 2006. № 8. С. 7-9.

118. Заусалина А. В., Валь А. В., Боярко Г. Ю. Сравнительная эффективность сорбентов нефти и нефтепродуктов, используемых в условиях Томской области. *Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе*. 2015. Вып. 2. С. 51-55.

119. Балтренас П. Б., Вайшис В. И., Бабелите И. А. Наткральное сырье для производства сорбента нефтепродуктов. *Экология и промышленность России*. 2004. № 5. С. 36-39.

120. Веприкова Е. В., Терещенко Е. А., Чесноков Н. В. и др. Использование бересты коры березы для получения сорбционных материалов. *Журнал Сибирского федерального университета. Химия*. 2012. Вып. 5 (2). С. 178-188.

121. Senanurakwarkul C., Khongsricharoen P., Pejprom D. and other Effects of the composition and the preparation methods on oil sorption capacity of recycled rayon waste-kapok mixtures (RRWK) Sorbent. *International Journal of Environmental Science and Development*. 2013. Vol. 4(3). P. 246-250. DOI: 10.7763/IJESD.2013.V4.345

122. Матвеева О. Л. Демянко Д. О. Аналіз проблем та перспектив використання методів очищення нафтовмісних стічних вод. *Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна*. 2012. Вип.(41). С 181-186.

123. Чухарева Н. В., Шишмина Л. В. Сравнение сорбционных свойств торфа верхового и низинного типов по отношению к товарной нефти и стабильному газовому конденсату. *Химия растительного сырья*. 2012. № 4. С. 193-200.

124. Сергеева Е. С., Лаптедутьче, Н. К. Исследование поглощающих свойств сорбентов для ликвидации разливов нефтепродуктов. *Вода: химия и экология*. 2010. Вып. 8. С. 32-36.

125. ГОСТ 24816-81. Материалы строительные. Метод определения сорбционной влажности. [Введ. 1982-01-01.]. Москва : Изд. стандартов, 1981. 6 с.

126. ГОСТ 33622. Уголь активированный. Стандартный метод определения сорбционных характеристик абсорбентов. [Введ. 2017-04-01.]. Москва : Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2016. 12 с.

127. ГОСТ 33627 Уголь активированный. Стандартный метод определения сорбционных характеристик абсорбентов. [Введ. 2017-04-01.]. Москва: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2016. 15 с.

128. ТУ 2164-2191501/5-29116-2010 Сорбенты природные серии HRS-Pl, ОКП 21-6490 группа Л-69 (ОКС 73.100.80). [Введ. 2011-06-05.]. Санкт-Петербург : Hood River Finland LTD, 2010. 7 с.

129. Pereira K. R., Hanna R. A., Vianna, M. M. and other Brazilian organoclays as nanostructured sorbents of petroleum-derived hydrocarbons. *Materials Research*. 2005. Vol. 8 Issue 1. P 77-80. DOI: 10.1590/S1516-14392005000100014.

130. Zhang, Z., Peng, S., Wang, X. and other Study on adsorption properties of synthetic materials on marine emulsified oil. *In. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2018. Vol. 121, No. 5, p. 052055, IOP Publishing. DOI: 10.1088/1755-1315/121/5/052055.

131. Pagnucco R., Phillips M. L. Comparative effectiveness of natural by-products and synthetic sorbents in oil spill booms. *Journal of environmental management*. 2018. Vol. 225. P. 10-16. DOI: 10.1016/j.jenvman.2018.07.094.

132. Danehpash, S., Farshchi, P., Roayaei, E. and other Removal of crude oil from aqueous solutions by natural adsorbents. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. Vol. 8(3). P. 170-173.

133. Levytska, O. Determination of sorption capacity of petroleum products light and medium fraction by natural sorbents. *Bulletin of Lviv State University of Life Safety*. 2017. Vol. 16. P. 128-133.

134. ТУ 2164-001-23074353-97 Сорбент для поглощения нефти и нефтепродуктов. Москва: ВИНТИ, 1998. 16 с.

135. ASTM F716-18, Standard Test Methods for Sorbent Performance of Absorbents for Use on Chemical and Light Hydrocarbon Spills, ASTM International, West Conshohocken, PA. 2018. DOI: 10.1520/F0716-18.

136. ASTM F726-17, Standard Test Method for Sorbent Performance of Adsorbents for use on Crude Oil and Related Spills, ASTM International, West Conshohocken, PA. 2017. DOI: 10.1520/F0726-17

137. Сорока М. Л. Яришкіна Л. О. Методика виконання вимірювань. Гравіметричне визначення показника поглинальної здатності сорбентів та матеріалів різного походження та хімічного складу: літературний письмовий твір. Авторське свідоцтво України № 56682 від 29.09.2014. 2014. 44 с.

138. ISO 57251:2003 (2003). ДСТУ ГОСТ ИСО 5725-1:2005 Точність (правильність і прецизійність) методів та результатів вимірювання. Частина 1. Основні положення та визначення (ГОСТ ИСО 5725-1-2003, IDT) [чинні від 01.07.2006]. Вид. оф. Київ: Держспоживстандарт України. 2006. 29 с.

139. ISO 5725-2:2003 (2003) Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results—part 2: basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method.

140. ДСТУ РМГ 43-2006. Метрологія. Застосування «Руководства по выражению неопределенности измерений» (РМГ 43: 2001, IDT).— [Чинний від 2007-07-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 42 с. (Національний стандарт України).

141. ДСТУ ISO 2602:2006. Подавання результатів випробування статистичне. Оцінювання середнього значення. Довірчий інтервал (ISO 2602:1980, IDT). [Чинний від 2007.10.01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 11 с. (Національний стандарт України).

142. ГОСТ 16189-70. Сорбенты. Метод сокращения и усреднения проб. [Текст] [Введ. 1971-07-01] Москва: Госстандарт России: Издательство стандартов, 1971. 5 с.

143. ДСТУ ISO 11465-2001. Якість ґрунту. Визначання сухої речовини та вологості за масою. Гравіметричний метод [Чинний від 2003-01-01]. Вид. оф. Київ: Держспоживстандарт України. 2001. 10 с.

144. Tomašević M., Aničić M. Trace element content in urban tree leaves and SEM-EDAX characterization of deposited particles. *Facta Universitatis-Series: Physics, Chemistry and Technology*. 2010. Vol. 8(1). P. 1-13. DOI: 10.2298/FUPCT1001001T.

145. Latif M. T., Anuwar N.Y., Srithawirat T. and other Composition of Levoglucosan and Surfactants in Atmospheric Aerosols from Biomass Burning. *Aerosol and Air Quality Research*. 2011. Vol. 11 (7). P.837-845. DOI: 10.4209/aaqr.2010.12.0103.

146. Чугай А. В., Гусєва К. Д., Кукуй Д. В. Забрудненість атмосферного повітря м. Одеса. Людина та довкілля. *Проблеми неоекології*. 2012. Вип. (1-2). С. 20-26.

147. Стеценко Д. О., Смирнов В. М., Долін В. В. Балансовий розподіл важких металів у компонентах лісової екосистемі. *Збірник наукових праць Інституту геохімії навколишнього середовища*. 2007. Вип. 15. С. 109-114.

148. Мазуряк О. Т., Мицук О. А., Мідяний С. В. Важкі метали у системі «грунт - рослина». *Науковий вісник ЛНАВМ ім. С.З. Гжицького*. 2007. Том. 9, №2 (33), Ч. 3. С.210-215.

149. Якуба М. С. Топологічні особливості накопичення важких металів у підстилці та опаді штучних насаджень Присамар'я Дніпровського. *Екологія та ноосферологія*. 2008. Т. 19. № 3-4. С. 67-76.

150. Межгосударственный стандарт ГОСТ 17.4.1.02-83. Почвы: Классификация химических веществ для контроля загрязнения [введен в действие 01.01.1985, редакция от 19.07.2010]. Оф. издани Москва: Государственный комитет СССР по стандартам. 1986. 8 с.

151. TC69, I. S. O. (2010). SC1–Terminology and Symbols: ISO 3534-1: 2006-Statistics–Vocabulary and symbols–Part 1: General statistical terms and terms used in probability. Published standard.

152. ДСТУ Б В.2.1-5-96 (ГОСТ 20522-96) Основания и фундаменты зданий и сооружений. Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний [чинний від 1997-04-01]. Вид. офіц. Київ : НИИОСП, 1996. 22 с.

153. Пилипів Н. І., Максимів Ю. В. Економічна сутність та класифікація відходів для відображення їх в обліку на деревообробних підприємствах. *Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Економічні науки*. 2010. Вип. 3 (53), Ч. 2. С. 201-205.

154. Aničić, M., Spasić, T., Tomašević, M. and other Trace elements accumulation and temporal trends in leaves of urban deciduous trees (*Aesculus*

hippocastanum and *Tilia* spp.). *Ecological Indicators*. 2010. Vol. 11(3). P.824-830. DOI: 10.1016/j.ecolind.2010.10.009.

155. Сафранов Т. А., Шаніна Т. П., Панченко Т. І. Проблема класифікації медичних відходів і поводження з ними в Україні. *Вісник Одеського державного екологічного університету*. 2015. Vol. 19. P. 6-11.

156. 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 [Введ. 1985-02-01]. URI: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/v3210400-85>

157. СанПиН 42-128-4433-87 Санитарные нормы допустимых концентраций химических веществ в почве. [Введ. 1987-10-30]. Москва, 1988. URI: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/v4433400-87>

158. ДСТУ EN 520:2017 Гіпсокартонні плити. Визначення, вимоги та методи випробування (EN 520:2004+A1:2009, IDT). [На заміну ДСТУ Б В.2.7-95-2000 (ГОСТ 6266-97), чинний від 2017-10-25]. ДП «УкрНДНЦ», 2017. 55 с.

159. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Дніпропетровській області за 2017 рік [завт. Директором департаменту екології та природних ресурсів Дніпропетровської ОДА від 15.08.2018 р.]. Вид. оф. Дніпро: Дніпропетровська ОДА. 2018. 317 с. URL: https://adm.dp.gov.ua/storage/app/media/EKOLOGIA/regionalna_dopovid_za_2017_rik_ekologia.pdf.

160. Ершова М. Дисперсионный анализ данных наблюдений с помощью пакета анализа приложения Excel. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2009. № 3 (134). 11 с.

161. Triola Mario F. Elementary statistics using Excel. Pearson, 2013. 480 p. ISBN 978-0321851666.

162. Mohammed Bashar S., Abdullahib M., Hoongc C. K. Statistical models for concrete containing wood chipping as partial replacement to fine aggregate.

Construction and Building Materials. Vol.55. P. 13-19. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2014.01.02/

163. Kic P., Neuberger P. Thermal properties of historic rural building materials in Czechia. 2018. *Agronomy Research*. Vol. 16 (S1). P. 1077-1084. DOI: 10.15159/AR.18.027 2018.

164. Ляшенко Т. В. О математических моделях в строительном материаловедении. *Наука та будівництво*. 2015. Вип. 1ю С. 10-17.

165. Шинкевич Е. С. и др. Выбор компонентов и оптимизация составов сухих строительных смесей. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*. 2014. №. 53. С. 418-424.

166. Низина Т. А., Балыков А. С. Экспериментально-статистические модели свойств модифицированных дисперсно-армированных мелкозернистых бетонов. *Magazine of Civil Engineering*. 2016. №. 2. DOI: 10.5862/MCE.62.2.

167. Матыева А. К., Курдюмова В. М. Оптимизация состава целлюлозосодержащего арболита на основе полимерсиликатной композиции. *Вестник КРСУ*. 2009. Т. 9, №. 1. С. 91-95.

168. Викиди забруднюючих речовин та парникових газів у атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення у 2015 році (остаточні дані): статистичний бюлетень. Київ: Державна служба статистики України. 2016. 34 с.

169. 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. Вип. № 18. С. 121-124.

170. Сорока М. Л., Ярышкина Л. А. Структурно-логическая схема развития аварийных эмиссий углеводородов на железнодорожном транспорте и основные требования к сорбентам, применяемым для их ликвидации. *Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. транс. ім. акад. В. Лазаряна*. 2011. Вип. 37. С. 174-179.

171. Зеленько Ю. В. Розвиток методологічних основ ресурсозберігаючих екологічно чистих технологій при експлуатації залізничного транспорту: дис... д-ра техн. наук: 05.22.20 / Дніпр. нац. універ. залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна, 2015.

172. Zelenko Yu. The new technology of liquidation of transport Accidents Involving Oil Products. *Journal of Transport Problems*. 2010. Vol. 5, № 1. С. 83-89

173. Сорока М. Л., Перспективы использования сезонных отходов зеленых зон города в качестве сорбентов для ликвидации разливов нефтепродуктов. *Зеленая химия в интересах устойчивого развития*: мат. I Республ. конф. с междунар. уч. (26-28 марта 2012 г, Самаркандский гос. ун-т ім. А. Навои, Узбекистан). Самарканд, 2012. С. 53-55.

174. 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 [Введ. 1985-02-01]. URI: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/v3210400-85>

175. Shiroma L., Camarini G., Beraldo A. L. Effect of wood particle treatment on the properties of gypsum plaster pastes and composites. *Matéria*. Rio de Janeiro. 2016. Vol. 21.4. P. 1032-1044. DOI: 10.1590/s1517-707620160004.0095.

176. Пікінер, В. В. Concept "wastes": legal, economic and registration approaches. *Problems of Theory and Methodology of Accounting, Control and Analysis*. 2015. Vol. 24(3).

177. ГОСТ 8.207–76 Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения. Москва: Изд-во стандартов, 1978. 11 с.

178. МУК 4.1.639-96 Методические указания по фотоколориметрическому определению фурфурола в атмосферном воздухе. Определение загрязняющих веществ в атмосферном воздухе. Сборник методических указаний. Москва: Информационно-издательский центр Минздрава РФ, 1997. С. 372-377.

179. РД 52.04.667-2005. Документы о состоянии загрязнения атмосферы в городах для информирования государственных органов, общественности и населения. Общие требования к разработке, построению, изложению и содержанию. [введ. 2006-02-01]. Москва: Метеоагентство Росгидромет, 2016. 60 с.

180. Измеритель скорости ИС-2 (ТУ У 16398163.002-2001) внесен в Государственный реестр средств измерений Украины под номером У1397-01.

181. Latif M. T., Anuwar N.Y., Srithawirat T. and other Composition of Levoglucosan and Surfactants in Atmospheric Aerosols from Biomass Burning. *Aerosol and Air Quality Research*. 2011. Vol. 11 (7). P.837-845. DOI: 10.4209/aaqr.2010.12.0103

182. Предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочные безопасные уровни воздействия загрязняющих веществ (ОБУВ) в атмосферном воздухе населенных мест: Справочник. Н. С. Трофименко, В. В. Морозов, З. С. Семенова и др. Донецк: УкрНТЭК, 1998. 139 с.

183. Котельнікова Ю. О., Чугай, А. В. Динаміка зміни рівня забруднення атмосфери м. Одеса. *Культура народів Причорномор'я*. 2014.

184. ГОСТ 16189-70 Сорбенты. Метод сокращения и усреднения проб. [введ. 07-01-71]. Оф. изд. Москва: Госстандарт СССР Изд-во стандартов. 1971. 5 с.

185. Carvalho Magaly Araújo, et al. Microstructure and mechanical properties of gypsum composites reinforced with recycled cellulose pulp. *Materials Research*. 2008. Vol. 11.4. P. 391-397. DOI: 10.1590/S1516-14392008000400002.

186. Зеленцова М. В., Романов А. Н. Использование отходов растениеводства для изготовления цементных и гипсовых материалов. *Ползуновский вестник*. 2011. Вып. 4-2. С. 177-179.

187. ISO 5725-2: 1994: Accuracy (Trueness and Precision) of Measurement Methods and Results-Part 2. Methods for the Determination of Repeatability and Reproducibility. International Organization for Standardization, 1994. URL: <https://www.iso.org/standard/11834.html>.

188. TC69, I. S. O. SCS–Secretariat: ISO 5479: 1997-Statistical interpretation of data–Tests for departure from the normal distribution. Published standard (2012). URL: <https://www.iso.org/standard/22506.html>.

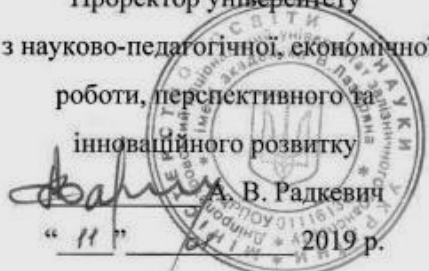
189. Сорока М. Л. Яришкина Л. А. Экологическая оценка сезонных муниципальных отходов на основе опалой листвы зон зеленых насаждений города Днепропетровск. *Збірник наукових праць НГУ*. 2012. № 38. С. 183-192.

ДОДАТОК А
ВІДОМОСТІ ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ ТА ВИПРОБУВАННЯ
ОСНОВНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Проректор університету
з науково-педагогічної, економічної
роботи, перспективного та
інноваційного розвитку



В. Радкевич
" 11 " _____ 2019 р.

АКТ

**про використання результатів дисертаційної роботи
Сороки Максима Леонідовича**

**під час виконання науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт
Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна**

Ми, представники Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (ДНУЗТ), а саме начальник науковий керівник Галузевої науково-дослідної лабораторії «Охорона навколишнього середовища на залізничному транспорті», завідувач кафедри «Хімія та інженерна екологія», професор Зеленько Ю.В., завідувач Галузевої науково-дослідної лабораторії «Охорона навколишнього середовища на залізничному транспорті» Бойченко А. М., старший науковий співробітник Галузевої науково-дослідної лабораторії «Охорона навколишнього середовища на залізничному транспорті» Васильєва С. В. цим актом підтверджуємо, що основні положення та результати дисертаційної роботи Сороки Максима Леонідовича «Підвищення екологічної безпеки урбанізованих територій при поводженні з рослинними відходами» на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 «Екологічна безпека», виконання науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт, що виконані на базі Галузевої науково-дослідної лабораторії «Охорона навколишнього середовища на залізничному транспорті» Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, а саме:

1. «Розробка ресурсозберігаючих технологій для захисту елементів інфраструктури від природних та техногенних впливів» (державний реєстраційний номер 0112U003557, замовник – МОН України, статус виконавця – виконавець) у частині розробки нових технологій та матеріалів для ліквідації екологічних наслідків аварійних розливів нафтопродуктів на транспорті.

2. «Визначення кількісних характеристик вмісту та оцінка залишкових концентрацій забруднюючих речовин у ґрунті, знятому в наслідок ліквідації аварійного розливу сирої нафти на місці транспортної події по станції Городище» (державний реєстраційний номер 0117U007408, замовник – Публічне акціонерне товариство «Українська залізниця», Структурний підрозділ «Служба колії»

Регіональної філії «Одеська залізниця» (ЄДРПОУ 40081200), впровадження за Актом виконаних робіт до Договору 51.295.16/00/П-16-979НЮ від 02.12.2016, статус виконавця – керівник НДР) у частині розробки методик оцінювання екологічних наслідків аварійних розливів нафтопродуктів на транспорті та методик виконання вимірювань поглинальної здатності сорбентів нафтопродуктів.

3. «Дослідження шляхів утилізації опалого листя у виробництві будівельних матеріалів та композицій» (державний реєстраційний номер 00117U007407, само ініціативна НДР, статус виконавця – керівник НДР) у частині розробки нових гіпсових будівельних матеріалів та композитів з використанням опалого листя в якості інертного наповнювача.


4. Дослідження впливу забруднюючих речовин в атмосферному повітрі на стан життєдіяльності територіальної громади з урахуванням частки впливу підприємств регіону » (державний реєстраційний номер 0118U100034, замовник – Дніпропетровська міжрегіональна екологічна асоціація (ЄДРПОУ 37070377), впровадження за Актом виконаних робіт до Договору 51.387.18 від 05.02.2018) у частині дослідження впливу традиційних методів поводження з опалим листям на стан навколишнього середовища урбанізованих територій Придніпровської промислової агломерації.

Цей Акт складений у двох примірниках, один з яких переданий автору дисертаційного для подачі за місцем вимоги.

Результати використання результатів дисертаційного дослідження Сороки Максима Леонідовича під час виконання науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт на базі Галузевої науково-дослідної лабораторії «Охорона навколишнього середовища на залізничному транспорті» Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна схвалені рішенням об'єднаного наукового семінару кафедри «Хімія та інженерна екологія» та Галузевої науково-дослідної лабораторії «Охорона навколишнього середовища на залізничному транспорті» 09 січня 2019 року, протокол № 1.

Члени комісії:

Науковий керівник ГНДЛ «ОНС»
Завідуюча кафедрою
«Хімія та інженерна екологія»,
д-р техн. наук, доцент


Ю. В. Зеленько

Завідуючий ГНДЛ «ОНС»



А. М. Бойченко

Старший науковий співробітник
ГНДЛ «ОНС»


С. В. Васильєва

Примірник Акта отримав:

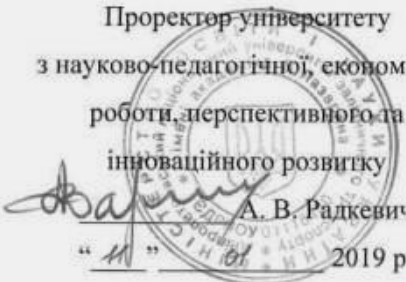
Автор дисертаційного дослідження,
с.н.с. ГНДЛ «ОНС»


М. І. Сорока

1

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Проректор університету
з науково-педагогічної, економічної
роботи, перспективного та
інноваційного розвитку



А. В. Радкевич
“ 11 ” 2019 р.

АКТ

**впровадження науково-практичних результатів дисертаційної роботи
Сороки Максима Леонідовича
у навчальний процес Дніпропетровського національного університету
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна**

Ми, комісія з впровадження науково-практичних результатів дисертаційної роботи у навчальний процес, представники Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (ДНУЗТ), а саме декан факультету «Промислове та цивільне будівництво», Краснюк А.В., завідувач кафедри «Хімія та інженерна екологія», професор Зеленько Ю.В., доцент Яришкіна Л.О., доцент Тарасова Л.Д., цим актом підтверджуємо, що основні положення та результати дисертаційної роботи Сороки Максима Леонідовича «Підвищення екологічної безпеки урбанізованих територій при поводженні з рослинними відходами» на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 «Екологічна безпека», використовуються у навчальному процесі кафедри «Хімія та інженерна екологія» Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна у рамках програми навчання студентів за спеціальністю 101 Екологія, а саме:

1. Матеріали першого, третього та четвертого розділу дисертаційної роботи впроваджено у навчальний процес з дисципліни «Утилізація та рекуперация відходів». До лекційної та практичної частини курсу додано спеціалізований розділ поводження опалим листям – як специфічним відходом рослинного походження урбанізованих територій.

2. Матеріали першого, п'ятого та шостого розділів дисертаційної роботи впроваджено у навчальний процес з дисципліни «Екологічна безпека». До лекційної частини курсу додано спеціалізований розділ технологій локалізації та ліквідації аварійних розливів нафтопродуктів на залізничному транспорті.

3. Рекомендується за результатами дисертаційної роботи розробити практичне заняття на тему оцінки санітарно-екологічної безпеки відходів рослинного походження та підготувати методичну розробку до впровадження у навчальний процес з дисципліни «Екологія міських систем».

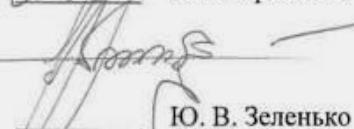
4. Результати впровадження науково-практичних результатів дисертаційної роботи Сороки Максима Леонідовича у навчальний процес кафедри «Хімія та інженерна екологія» Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна схвалені рішенням засідання кафедри від 09 січня 2019 року, протокол № 1-2019.

Члени комісії:

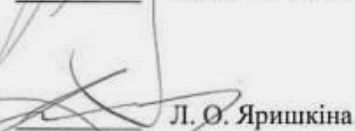
Декан факультету
«Промислове та цивільне будівництво»,
канд. техн. наук, доцент


А. В. Краснюк

Завідуюча кафедрою
«Хімія та інженерна екологія»,
д-р техн. наук, доцент


Ю. В. Зеленько

Доцент кафедри
«Хімія та інженерна екологія»,
канд. хім. наук, доцент


Л. О. Яришкіна

Доцент кафедри
«Хімія та інженерна екологія»,
канд. хім. наук, доцент


Л. Д. Тарасова

Примірник Акта отримав:

Автор дисертаційного дослідження,
с.н.с. ГДНЛ «ОНС»


М. І. Сорока



ТОВ «НВП» ЕКОПЛЮС»

Фактична адреса: 52071, Дніпропетровська обл., Дніпровський район, с.Дослідне, вул.Яснополянська, 86
 ЄДРПОУ 41301975 н/р 26008300658945 в АТ «Ощадбанк» МФО 305482
 тел.: (099)254-01-97, (096)388-36-46 e-mail: 30sorokin@gmail.com

Вих. № 211/01 від «18» 12 2019р.
 Вх. № _____ від « » _____ 2019р.

Затверджую:

Директор ТОВ Науково-виробниче підприємство «ЕКОПЛЮС»
 (ЄДРПОУ 41301975)
 Сорокін Євген Валерійович

«18» грудня 2018 року

Технічний акт про впровадження результатів дисертаційного дослідження № А/211 від «18» грудня 2018 р.

Цей Технічний акт дійсно складено про те, що наукові та практичні результати дисертаційної роботи на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук Сороки Максима Леонідовича, присвяченої способам та технологіям раціонального поводження з опалим листям, прийняті до використання у роботі Науково-виробничого підприємства «ЕКОПЛЮС», у частинах:

1. Аналіз та узагальнення досвіду поводження з відходами у вигляді опалого листя буде використаний для обґрунтування раціональних схем поводження з опалим листям на виробничій території суб'єктів господарювання, на замовлення.
2. Результати досліджень впливу традиційних методів поводження з опалим листям на стан навколишнього середовища урбанізованих територій будуть використані для обґрунтування звітів з оцінки впливу на довкілля для планованих видів діяльності, що передбачають збір, видалення, первинне накопичення, зберігання та утилізацію опалого листя.
3. Розроблені технології утилізації опалого листя будуть використані в якості обґрунтованих альтернатив під час оцінки впливу на довкілля для планованих видів діяльності, що передбачають збір, видалення, первинне накопичення, зберігання та утилізацію опалого листя.

Цей Технічний акт складено у двох примірниках, один з яких передано автору дисертаційного дослідження, для пред'явлення за місцем вимоги.

Цей Технічний акт засвідчує цільові наміри та не може розцінюватися як правочин з прямими або зворотними зобов'язаннями згідно усталеної практики та норм Цивільного Кодексу України.

Другий примірник
 Технічного акта отримав:
 Автор дисертаційного дослідження

М. Л. Сорока

Матеріали дисертаційного дослідження
 отримані для відповідального зберігання
 та цільового використання за домовленістю
 Директор ТОВ НВП «ЕКОПЛЮС»

Є. В. Сорокін

Товариство з обмеженою відповідальністю
«Дніпровська будівельна компанія»

м. Дніпро, вул. Серова 4, тел. 0562-34-45-25, ЄДРПОУ 32293875

№ 107 від « 12 » 12 2017 р.

АКТ

№ 107 від « 12 » 12 2017 р.

про використання результатів дисертаційної роботи
Сороки Максима Леонідовича

Результати дисертаційного дослідження Сороки Максима Леонідовича на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, у частині експериментального дослідження експлуатаційних показників нових будівельних композитів на основі опалого листя прийнято в роботу ТОВ «Дніпровська будівельна компанія».

Статистичні моделі формалізації залежності експлуатаційних властивостей гіпсового будівельного композиту, розроблені у рамках дисертаційного дослідження, перевірені на адекватність та прийняті у роботу ТОВ «Дніпровська будівельна компанія».

Цей акт складено у двох примірниках, один з яких передано автору дисертаційного дослідження.

Директор

Товариство з обмеженою відповідальністю
«Дніпропетровська будівельна компанія»



А. О. Хатетовський

30.01.2019

№ 1-49-1/01-19

**Повідомлення про результати
добровільного міжлабораторного випробування
методики виконання вимірювання**

Цим повідомленням засвідчуємо, що лабораторна база нашого суб'єкту господарювання у період травня-листопада 2013 року приймала участь у добровільному міжлабораторному випробуванні нестандартизованої методики виконання вимірювань МВВ ДНУЗТ 51.001.13 «Гравіметричне визначення показника поглинальної здатності сорбентів та матеріалів для локалізації та збору розливів нафтопродуктів та вуглеводнів різного походження та хімічного складу», що була розроблена та впроваджена у рамках дисертаційного дослідження Сороки Максима Леонідовича.

Методика МВВ ДНУЗТ 51.001.13 пройшла процедуру валідації та оцінювання розширеного діапазону невизначеності результатів вимірювань. За результатами оцінювання методика виконання вимірювань визнана придатною до застосування за призначенням у межах галузі застосування за характеристиками сумарної відносної похибки, що наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Характеристики сумарної відносної похибки МВВ ДНУЗТ 51.001.13

Середня фракція, мм	Діапазон значень вимірювання, г/г	$\pm\delta_k, \%$
Сферичні часточки		
До 5,0	До 5,00	14
Понад 5,0	Понад 5,00	10
Пластинчасті часточки		
До 5,0	До 5,00	21
Понад 5,0	Понад 5,00	14
Волокнисті часточки		
Не застосовується	До 5,00	14
	Понад 5,00	7

За результатами міжлабораторного випробування підтверджені метрологічні характеристики протоколу валідації МВВ ДНУЗТ 51.001.13, які наведені у таблиці 2.

Таблиця 2 – Підтверджені характеристики методики МВВ ДНУЗТ 51.001.13

Повторюваність		Відтворюваність		Невизначеність	
$S_r, \text{г/г}$	r	$S_R, \text{г/г}$	R	$u_c, \text{г/г}$	$U, \text{г/г}$ ($P=0,95, n \geq 5$)
0,057	0,257	0,071	0,143	0,071	0,143

Директор ПП «НВЦ «Техноекос»



Ю.В. Муха

ДОДАТОК Б
ДОДАТКОВІ ВІДОМОСТІ
ПРО ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Таблиця Б.1

Метрологічні характеристики методик виконання вимірювань вмісту забруднювальних речовин
у пробах атмосферного повітря

Забруднювальна речовина та параметри атмосферного повітря	Позначення МВВ	$\delta, \%$ (Δ)	Метрологічний діапазон	Спосіб визначення та відбору проби	Швидкість відбору проби, $\text{дм}^3/\text{с}$	Час відбору усередненої проби, хв.	Поглиняльний розчин	Робочий розчин	Умови вимірювання
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Азоту діоксид [88]	ОКСИ-5М-5Н	± 10	0-300 ppm	ЕХС	-	20	-	-	Усереднене значення за період вимірювання
Ацетон та інші кетони в перерахунку на ацетон [85]	МУ 1648-77	± 15	1 мкг	Поглиняльний прилад з пористою платиною	0,2	20	H_2O	Розчин $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3$, NaOH	Усереднене значення двох паралельних одиничних вимірювань. КФК-3: $\lambda = (990) \text{ нм}$, $h = 1 \text{ см}$
Вуглецю оксид [88]	ОКСИ-5М-5Н	± 5	0-5000 ppm	ЕХС	-	20	-	-	Усереднене значення за період вимірювання
Оцтова кислота та оцтовий ангідрид в перерахунку на оцтову кислоту [84]	РД 52.04.186-89	± 25	(0,1 – 1,7) $\text{мг}/\text{м}^3$	Поглиняльний прилад із силікагелем	5,0	20	-	Розчин H_3NO , NaOH	Усереднене значення двох паралельних одиничних вимірювань. КФК-3: $\lambda = (445-450) \text{ нм}$, $h = 1 \text{ см}$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Суспендовані речовини [84]	РД 52.04.186-89	±25	(0,007 – 50,0) мг/м ³	Гравіметричне вимірювання	5,0	20	Фільтр ФПП-15, АФА-ВП-20	-	Усереднене значення трьох паралельних одиничних вимірювань
Ангідрид сірчистий [88]	ОКСИ-5М-5Н	±5	0-5000 ppm	ЕХС	-	20	-	-	Усереднене значення за період вимірювання
Фенол та його похідні в перерахунку на фенол [84]	РД 52.04.186-89	±25	(0,003 – 1,0) мг/м ³	Сорбціна трубка СТ212(2)	10,0	20	Плівковий хемосорбент: С ₃ Н ₈ О ₃ , NaOH	С ₁₁ Н ₁₃ Н ₃ О, С ₆ Н ₆ FeК ₃	Усереднене значення двох паралельних одиничних вимірювань. КФК-3: λ=(508) нм, h=1 см
Фурфурол [86]	МУК 4.1.639-96	±17	(0,02-10,0) мг/м ³		15,0	20	Н ₂ О	Розчин С ₆ Н ₅ NH ₂ , CH ₃ COOH	Усереднене значення двох паралельних одиничних вимірювань. КФК-3: λ=(496-540) нм, h=1 см
Температура [88]	ОКСИ-5М-5Н	± (0,5)	(0-1000) °С	Сенсор температури	-	20	-	-	Усереднене значення за період вимірювання
Швидкість вітру [180]	ПР 2.601.009 ПС	±(0,1 + 0,05*V) м/с	(0,2 – 10) м/с	Сенсор електро-динамічний	-	20	-	-	

Ідентифікаційна таблиця місць відбору проб відходів

Позначення місця відбору		
Код	прив'язка до території	Координати GPS
Зелені зони парків та скверів (паркові зони)		
П1	Парк Студентського містечка ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна	48°26'14.97"N35°02'54.80"E
П2	Парк ім. Гагаріна	48°25'57.47"N35°02'28.19"E
П3	Севастопольський парк	48°26'47.48"N35°03'39.17"E
П4	Паркова зона на Соборній площі	48°27'28.14"N35°04'03.11"E
П5	Парк ім. Т. Шевченка	48°27'42.30"N35°04'14.31"E
П6	Паркова зона о. Монастирський	48°28'00.46"N35°04'26.71"E
П7	Парк ім. Лазаря Глоби	48°28'17.89"N35°01'49.44"E
П8	Парк Пам'яті та примирення	48°28'22.84"N35°00'24.78"E
Зелені зони житлової забудови		
Ж1	Житловий масив Перемога-4	48°25'12.40"N35°03'58.85"E
Ж2	Житловий масив Тополя-1	48°24'41.26"N35°01'45.96"E
Ж3	Житловий масив Тополя-4	48°23'51.95"N35°01'32.09"E
Ж4	вул. Робоча	48°26'29.13"N34°59'48.00"E
Ж5	пр. Гагаріна	48°25'31.94"N35°01'50.26"E
Ж6	пр. О. Поля	48°27'44.99"N35°01'35.00"E
Зелені зони місць поблизу транспортних магістралей		
T1	вул. Пушкіна	48°27'58.21"N35°01'30.11"E
T2	Січеславська набережна	48°28'03.82"N35°03'38.91"E
T3	пр. Дмитра Яворницького	48°28'10.00"N35°02'12.97"E
T4	пр. Дмитра Яворницького	48°27'58.43"N35°02'35.10"E
T5	пр. О. Поля	48°26'19.74"N35°00'53.84"E
T6	перехрестя вул. Тітова та пр. Богдана Хмельницького	48°25'47.08"N35°01'01.78"E

ДОДАТОК В

Методика виконання вимірювань МВВ ДНУЗТ 51.001.13

«Гравіметричне визначення показника поглинальної здатності сорбентів нафтопродуктів та вуглеводнів різного походження та хімічного складу»

(витяг)

1 Галузь застосування

Ця методика встановлює порядок та хід виконання вимірювань показника поглинальної здатності сорбентів нафтопродуктів та вуглеводнів (далі за текстом СНУ) різного походження та хімічного складу.

Методика призначена для використання в підрозділах хімічного аналітичного контролю та хімічних лабораторіях підприємств, які в силу специфіки виробничої діяльності виконують дослідження експлуатаційних показників сорбентів та інших матеріалів, які використовують для локалізації, сорбції та ліквідації розливів нафтопродуктів або вуглеводнів у навколишньому середовищі.

Методика застосовується для експериментального визначення показника поглинальної здатності СНУ у діапазоні від 0,8 г/г.

Для експериментального визначення показника поглинальної здатності СНУ у діапазоні менше 0,8 г/г слід застосовувати не пряме визначення показнику згідно із МВВ 081/12-0725-10.

Методика не застосовується для визначення показника поглинальної здатності, або інших експлуатаційних показників СНУ, які використовують для локалізації, сорбції та ліквідації розливів нафтопродуктів та вуглеводнів у водні об'єкти (водне середовище), або на поверхні ґрунту, значення відносної вологості якого перевищує троекратне значення максимальної гігроскопічної вологості.

2 Характеристика похибки вимірювань

Методика забезпечує виконання вимірювань показника поглинальної здатності СНУ із границями сумарної відносної похибки $\pm\delta$ [%], значення

яких за довірчій імовірності $P=0,95$ для результату, середнього з п'яти паралельних вимірювань ($n=5$), та які наведені в табл. В.1.

Таблиця В.1 – Характеристики сумарної відносної похибки методики для різної геометричної форми часток СНУ

Середня фракція СНУ, мм	Діапазон значень показника поглинальної здатності СНУ, г/г	$\pm\delta_k$, %
Сферичні часточки СНУ		
До 5,0	До 5,00	14
Понад 5,0	Понад 5,00	10
Пластинчасті часточки СНУ		
До 5,0	До 5,00	21
Понад 5,0	Понад 5,00	14
Волокнисті часточки СНУ		
Не застосовується	До 5,00	14
	Понад 5,00	7

3 Засоби вимірювальної техніки, допоміжне обладнання та матеріали

Для виконання вимірювань за методикою необхідні такі засоби вимірювальної техніки:

– ваги лабораторні загального призначення 2 класу точності з найбільшою границею зважування 200 г (згідно з ДСТУ EN 45501 та ГОСТ 24104);

...

Для виконання вимірювань за методикою необхідне таке допоміжне обладнання, виготовлене за індивідуальним замовленням:

- колонка поглинальна А (дивись рис. В.1);
- колонка поглинальна Б (дивись рис. В.2);
- штатив для поглинальних колонок (дивись рис. В.3, В.4);

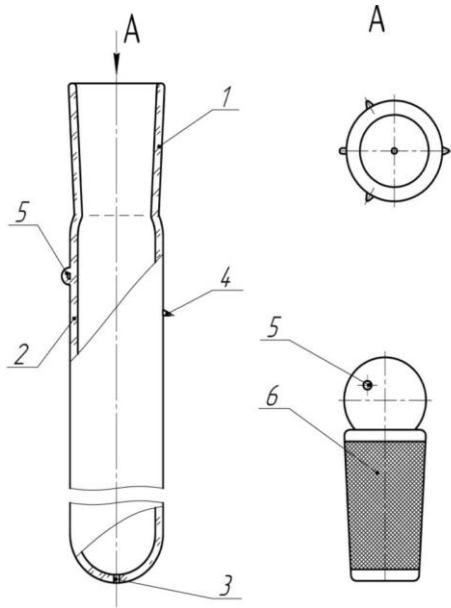


Рисунок В.1 – Колонка поглинальна А
(зі сферичним днищем)

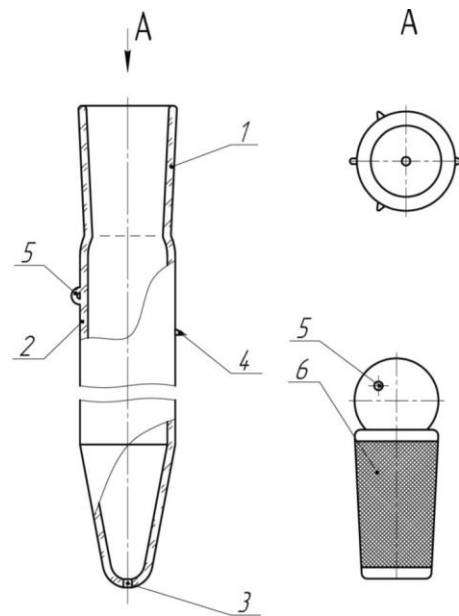


Рисунок В.2 – Колонка
поглинальна Б (зі
конусоподібним днищем)

1 – Конус колонки поглинальної; 2 – колонка поглинальна, виготовлена з пробірки виконання 2 згідно ГОСТ 1770-74; 3 – отвір діаметром 1 мм, 4 – упори колонки поглинальної для встановлення на штативі; 5 – місце для фіксації бирки колонки поглинальної; 6 – верхня кришка колонки поглинальної виконана зі скляної пробки згідно ГОСТ 1770-74.

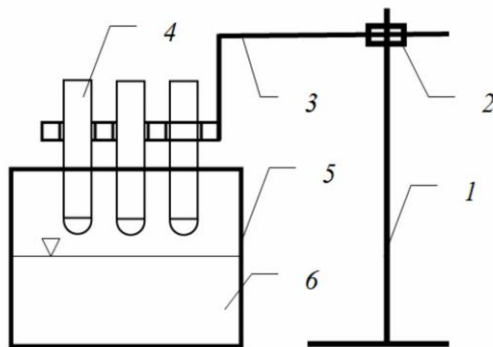


Рисунок В.3 – Верхнє положення
штативу для кріплення колонок
поглинальних

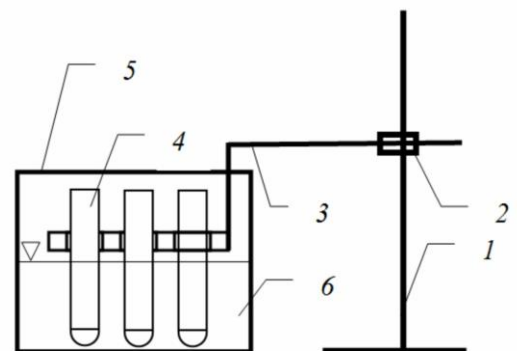


Рисунок В.4 – Нижнє положення
штативу для кріплення колонок
поглинальних

1 – лабораторний штатив; 2 – ключ для фіксації лапки штативу; 3 – лапка для кріплення колонок; 4 – колонка поглинальна; 5 – ванна для сорбату; 6 – сорбату у ванні для сорбату

ДОДАТОК Г
РЕЗУЛЬТАТИ ВИМІРЮВАННЯ ВМІСТУ СПЛУК
ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ОПАЛОМУ ЛИСТІ МІСТА ДНІПРО
(ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ БАГАТОРІЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ)

Таблиця Г.1

Результати вимірювання вмісту сполук важких металів у опалому листі зон зелених насаджень міста Дніпро

Рік спостереження			2011			2013			2015			2017		
Метал	$\pm\sigma$ (P=0,95)	ГДК _{рух.} мг/кг	W _{вал.} , мг/кг	W _{рух.} , мг/кг	W _{вод.} , мг/кг	W _{вал.} , мг/кг	W _{рух.} , мг/кг	W _{вод.} , мг/кг	W _{вал.} , мг/кг	W _{рух.} , мг/кг	W _{вод.} , мг/кг	W _{вал.} , мг/кг	W _{рух.} , мг/кг	W _{вод.} , мг/кг
<i>I</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Опале листя зон зелених насаджень у парках, місця відбору проб П1...П8														
Fe	24	1000,0	38,95768	21,35770	5,26810	33,41769	19,48511	4,79855	35,71099	20,73591	4,91064	36,82160	20,87510	5,00597
Mn	26	1500,0	25,03827	5,01035	0,00546	18,14683	4,67030	0,00371	21,05720	4,97330	0,00411	22,74350	4,76551	0,00574
Zn	22	23,0	20,97846	0,19775	0,08791	15,41737	0,07803	0,04612	16,93056	0,09844	0,06635	17,41070	0,01105	0,06790
Ni	30	4,0	14,89510	0,01053	0,00645	11,74200	0,00671	0,00245	13,09033	0,00904	0,00511	14,01210	0,01722	0,00480
Pb	17	6,0	12,94712	0,00032	0,00010	10,72080	0,00026	0,00009	11,21820	0,00029	0,00010	11,51090	0,00038	0,00017
Cu	22	3,0	10,73482	0,03809	0,02882	6,91045	0,01998	0,01096	7,11495	0,02155	0,01452	8,80930	0,02722	0,01622
Cd	31	0,5	0,98532	0,00027	0,00010	0,74822	0,00023	0,00008	0,79031	0,00027	0,00010	0,82250	0,00031	0,00012
Опале листя зон зелених насаджень прибудинкової території житлових масивів, місця відбору проб Ж1...Ж6														
Fe	24	1000,0	18,97856	11,85324	4,87952	17,04522	10,09651	4,33790	17,91410	10,56142	4,41905	18,53140	10,83150	4,71004
Mn	26	1500,0	15,03578	4,09104	0,00646	13,58022	3,46170	0,00395	13,97099	3,72008	0,00437	14,08820	3,91051	0,00581
Zn	22	23,0	14,85979	0,15824	0,08013	11,95601	0,07911	0,04382	12,67552	0,09609	0,05935	13,01940	0,09952	0,06077
Ni	30	4,0	9,25142	0,01002	0,00578	9,31012	0,01056	0,00492	9,11095	0,00913	0,00311	9,08275	0,00933	0,00340

Продовження таблиці Г.1

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>	
Pb	17	6,0	8,78950	0,00030	0,00010	7,34502	0,00024	0,00010	7,79405	0,00030	0,00011	7,99200	0,00025	0,00013
Cu	22	3,0	8,52361	0,03126	0,02215	6,64095	0,02005	0,01611	7,41521	0,02098	0,01505	7,51893	0,02237	0,01792
Cd	31	0,5	0,56234	0,00012	0,00010	0,41782	0,00012	0,00010	0,45051	0,00015	0,00010	0,47281	0,00013	0,00010
Опале листя зон зелених насаджень поблизу транспортних магістралей, місця відбору проб Т1...Т6														
Fe	24	1000,0	58,98642	27,52361	8,96351	51,05624	25,51006	6,79476	54,06023	25,71044	7,04331	55,72058	26,08003	7,34091
Mn	26	1500,0	25,68531	6,08512	0,01285	19,87044	5,11027	0,00962	21,91502	5,36013	0,00973	23,94852	5,65399	0,01089
Zn	22	23,0	25,36585	0,38524	0,11259	17,84920	0,19504	0,04079	18,11006	0,18194	0,04107	20,14099	0,26977	0,06815
Ni	30	4,0	16,87954	0,02568	0,00897	14,07715	0,01311	0,00441	15,13066	0,01379	0,00510	15,80772	0,01590	0,00609
Pb	17	6,0	12,98532	0,00256	0,00010	11,19034	0,00131	0,00010	11,65744	0,00109	0,00010	11,97002	0,00113	0,00017
Cu	22	3,0	11,58621	0,05897	0,02051	7,07744	0,02610	0,01256	7,79028	0,02395	0,01519	8,82551	0,03746	0,01820
Cd	31	0,5	3,52458	0,00190	0,00020	2,86055	0,00091	0,00014	2,51034	0,00087	0,00016	2,40894	0,00094	0,00019

Таблиця Г.2

Деталізація обчислень класу небезпеки відходів у вигляді опалого листя зон зелених насаджень міста Дніпро

Рік спостереження		2011				2013				2015				2017			
Метал	ГДК	Сі, мг/кг	Кі	Кі (з)	Кі(в)	Сі, мг/кг	Кі	Кі (з)	Кі(в)	Сі, мг/кг	Кі	Кі (з)	Кі(в)	Сі, мг/кг	Кі	Кі (з)	Кі(в)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Опале листя зон зелених насаджень у парках, місця відбору проб П1...П8																	
Fe	1000,0	21,35770	46,8	46,8	46,8	19,48511	51,3	51,3	51,3	20,73591	48,2	48,2	48,2	20,87510	47,9	47,9	47,9
Mn	1500,0	5,01035	299,4	299,4		4,67030	321,2	321,2		4,97330	301,6	301,6		4,76551	314,8	314,8	
Zn	23,0	0,19775	116,3	116,3		0,07803	294,8	294,8		0,09844	233,6	233,6		0,01105	2081,4		
Ni	4,0	0,01053	379,9	379,9		0,00671	596,1	596,1		0,00904	442,5	442,5		0,01722	232,3	232,3	
Pb	6,0	0,00032	18750,0			0,00026	23076,9			0,00029	20689,7			0,00038	15789,5		
Cu	3,0	0,03809	78,8	78,8	78,8	0,01998	150,1	150,1	150,1	0,02155	139,2	139,2	139,2	0,02722	110,2	110,2	110,2
Cd	0,5	0,00027	1851,9			0,00023	2173,9			0,00027	1851,9			0,00031	1612,9		
K _Σ (з) та K _Σ (в)				36,8	31,4			56,5	50,4			46,6	46,9			44,1	39,5
Клас небезпеки				IV	IV			IV	IV			IV	IV			IV	IV
Опале листя зон зелених насаджень прибудинкової території житлових масивів, місця відбору проб Ж1...Ж6																	
Fe	1000,0	11,85324	84,4	84,4	84,4	10,09651	99,0	99,0	99,0	10,56142	94,7	94,7	94,7	10,83150	92,3	92,3	92,3
Mn	1500,0	4,09104	366,7	366,7		3,46170	433,3	433,3		3,72008	403,2	403,2		3,91051	383,6	383,6	
Zn	23,0	0,15824	145,4	145,4	145,4	0,07911	290,7	290,7		0,09609	239,4	239,4	239,4	0,09952	231,1	231,1	231,1

Продовження таблиці 3.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Ni	4,0	0,01002	399,2	399,2		0,01056	378,8	378,8		0,00913	438,1	438,1		0,00933	428,7	428,7	
Pb	6,0	0,00030	20000,0			0,00024	25000,0			0,00030	20000,0			0,00025	24000,0		
Cu	3,0	0,03126	96,0	96,0	96,0	0,02005	149,7	149,7	149,7	0,02098	143,0	143,0	143,0	0,02237	134,1	134,1	134,1
Cd	0,5	0,00012	4166,7			0,00012	4166,7			0,00015	3333,3			0,00013	3846,2		
K _Σ (з) та K _Σ (в)				43,7	36,2			54,1	62,2			52,7	53,0			50,8	50,8
Клас небезпеки				IV	IV			IV	IV			IV	IV			IV	IV
Опале листя зон зелених насаджень поблизу транспортних магістралей, місця відбору проб Т1...Т6																	
Fe	1000,0	27,52361	36,3	36,3	36,3	25,51006	39,2	39,2	39,2	25,71044	38,9	38,9	38,9	26,08003	38,3	38,3	38,3
Mn	1500,0	6,08512	246,5	246,5		5,11027	293,5	293,5		5,36013	279,8	279,8		5,65399	265,3	265,3	
Zn	23,0	0,38524	59,7	59,7	59,7	0,19504	117,9	117,9	117,9	0,18194	126,4	126,4	126,4	0,26977	85,3	85,3	
Ni	4,0	0,02568	155,7	155,7		0,01311	305,2	305,2		0,01379	290,1	290,1		0,01590	251,6	251,6	
Pb	6,0	0,00256	2343,8			0,00131	4580,2			0,00109	5504,6			0,00113	5309,7		
Cu	3,0	0,05897	50,9	50,9	50,9	0,02610	115,0	115,0	115,0	0,02395	125,3	125,3	125,3	0,03746	80,1	80,1	80,1
Cd	0,5	0,00190	263,6	263,6		0,00091	551,0	551,0		0,00087	578,0	578,0		0,00094	531,9		
K _Σ (з) та K _Σ (в)				22,6	16,3			39,5	30,2			40,0	32,3			28,8	29,6
Клас небезпеки				III	III			IV	IV			IV	IV			III	III

ДОДАТОК Д
РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАННЯ ЗРАЗКІВ
ЗАПРОПОНОВАНОГО БУДІВЕЛЬНОГО КОМПЗИТУ

Таблиця Д.1

Результати експериментального випробування показників границі міцності
при стиску розроблених композитів на основі опалого листя

Ч.ч.	Вміст опалого листя m , % ваг.	Границя міцності при стиску зразків R_C , МПа, $n=15$, $P=0,95$				
		Фракція опалого листя f , мм				
		0,0...1,0	1,0...2,0	2,2...3,0	3,0...5,0	5,0...8,0
Опале листя Тополі						
1	5,0	5,71±0,14	5,68±0,13	5,08±0,18	3,99±0,15	3,6±0,14
2	10,0	5,26±0,15	5,05±0,14	4,13±0,10	3,07±0,10	2,94±0,12
3	15,0	2,95±0,12	2,51±0,10	1,92±0,08	1,54±0,08	1,08±0,14
4	20,0	1,95±0,17	1,58±0,16	1,01±0,13	0,56±0,09	0,57±0,07
Опале листя Клену						
5	5,0	5,18±0,26	5,14±0,25	4,91±0,30	4±0,17	3,65±0,14
6	10,0	4,91±0,25	4,62±0,25	3,81±0,16	3,25±0,19	3,08±0,16
7	15,0	2,89±0,19	2,46±0,13	1,89±0,09	1,55±0,14	1,07±0,12
8	20,0	2,01±0,12	1,65±0,11	0,97±0,09	0,64±0,06	0,61±0,05
Опале листя Робінії псевдоакації						
9	5,0	5,06±0,14	4,85±0,11	4,28±0,12	3,58±0,12	2,91±0,22
10	10,0	4,39±0,15	3,99±0,14	3,28±0,18	2,7±0,14	2,01±0,15
11	15,0	2,24±0,15	1,96±0,16	1,55±0,12	1,3±0,15	1,04±0,08
12	20,0	1,66±0,12	1,43±0,14	1±0,08	0,5±0,05	0,56±0,08
Контрольне значення без додавання опалого листя						
13	0	6,53±0,19				

Результати експериментального випробування показників границі міцності на розтяг при згині розроблених композитів на основі опалого листя

Ч.ч.	Вміст опалого листя m , % ваг.	Границя міцності на розтяг при згині зразків R_z , МПа, $n=15, P=0,95$				
		Фракція опалого листя f , мм				
		0,0...1,0	1,0...2,0	2,2...3,0	3,0...5,0	5,0...8,0
Опале листя Тополі						
1	5,0	2,84±0,12	2,7±0,10	2,36±0,12	1,88±0,10	1,48±0,09
2	10,0	2,39±0,12	2,15±0,10	1,5±0,09	1,17±0,07	1,04±0,08
3	15,0	1,48±0,07	1,27±0,10	0,97±0,06	0,81±0,05	0,56±0,05
4	20,0	1,09±0,06	1,04±0,05	0,74±0,06	0,55±0,05	0,49±0,04
Опале листя Клену						
5	5,0	2,93±0,17	2,85±0,13	2,4±0,12	1,88±0,08	1,54±0,10
6	10,0	2,41±0,10	2,28±0,31	1,55±0,11	1,16±0,10	1,05±0,15
7	15,0	1,49±0,10	1,27±0,11	0,99±0,06	0,86±0,07	0,61±0,08
8	20,0	1,14±0,11	0,95±0,08	0,7±0,08	0,51±0,05	0,5±0,05
Опале листя Робінії псевдоакації						
9	5,0	2,61±0,13	2,47±0,13	2,01±0,11	1,58±0,09	1,27±0,11
10	10,0	2,07±0,11	1,71±0,13	1,18±0,07	1±0,10	0,87±0,09
11	15,0	1,29±0,12	1,01±0,09	0,95±0,10	0,77±0,10	0,55±0,05
12	20,0	1,03±0,07	0,91±0,08	0,54±0,06	0,51±0,06	0,46±0,07
Контрольне значення без додавання опалого листя						
13	0	3,52±0,11				

ДОДАТОК Е

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ ТА
ВІДОМОСТІ ПРО АПРОБАЦІЮ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ

В яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

В яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

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.

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 листа, 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 листа.

4. Зеленюк Ю. В., Сорока М. Л., Бойченко С. В. Причинно-наслідкове обґрунтування до розробки нових сорбентів для ліквідації аварійних і технологічних емісій нафтопродуктів. 5. *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 листа.

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., Ярышкина 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., Ярышкина 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.

Які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

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., Зеленько 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: zbior raportow naukiowych* (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: zbior raportow naukiowych* (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., Ярышкина 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.

Які додатково відображають наукові результати дисертації:

24. Спосіб локалізації та ліквідації розливів забруднюючих речовин на твердих поверхнях та ґрунті при перевезенні небезпечних вантажів наземними видами транспорту : пат. 103705 UA. № a201204492 ; 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.