

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Дніпропетровський національний університет  
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Кафедра Хімії та інженерної екології

«ДО ЗАХИСТУ»

Завідувач кафедри,

д-р тех. наук, доцент

Зеленько Ю. В.

«    » \_\_\_\_\_ 2020 р

ДИПЛОМНА РОБОТА  
на здобуття ОКР «магістр»

Галузь            0401 «Природничі науки»

Спеціальність 101 Екологія

Тема: «Розробка універсального сорбенту з композитних матеріалів, для ліквідації наслідків аварій на залізничному транспорті при перевезенні небезпечних вантажів»

Керівник дипломної роботи	професор	_____	Зеленько Ю. В.
Консультант	Аспірант	_____	Калимбет М. В.
Виконавець, студент групи	ЕО1621	_____	Фесенко Д.С.

Дніпро

2020

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

Факультет Промислового та цивільного будівництва

Кафедра Хімії та інженерної екології

Спеціальність 8. 04010601 «Екологія та охорона навколишнього середовища»

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Зеленько Ю.В.

“\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2020 р.

## ЗАВДАННЯ

до дипломної роботи на здобуття ОКР магістра  
студента групи 665-М Фесенко Дар'ї Сергіївни

1. Тема дипломної роботи «Розробка універсального сорбенту з композитних матеріалів, для ліквідації наслідків аварій на залізничному транспорті при перевезенні небезпечних вантажів» затверджена наказом по університету № ст від “ ” 2020 р.
2. Термін подання студентом закінченої роботи “ ” 2020р.
3. Вихідні дані до дипломної роботи: теоретичний та практичний досвід у галузі використання відходів у виробництві вуглецевих сорбентів , результати огляду науково-технічної інформації за темою магістерської роботи, стандартизовані методики визначення вмісту забруднювачів у відходах, стандартизовані методики випробовувань вуглецевих сорбентів .
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань до розробки): загальні питання ліквідації розливів небезпечних вантажів в Україні та в світі; аналіз досвіду використання відходів рослинного походження у виробництві вуглецевих сорбентів; еколого-хімічна оцінка кавових та деревинних відходів, як одних з видів відходів; дослідження можливості застосування кавових та деревинних відходів в якості вуглецевого сорбенту; техніко-економічне обґрунтування ефективності застосування кавових та деревинних відходів у якості сорбційних матеріалів. Перелік демонстраційного матеріалу:

мультимедійна презентація за результатами виконання дипломної роботи у обсязі до 15 слайдів, які повною мірою відображають актуальність поставленої мети та задач дослідження, методологію та постановку експериментів, практичну та наукову новизну отриманих результатів.

#### 6. Розділи та консультанти

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Розділ 2, 3, 4	Калимбет М. В.		

#### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва розділів дипломного проекту	Термін виконання	Обсяг розділу
1	Аналіз проблеми розробки універсальних сорбентів		14
2	Аналіз об'єктів дослідження		4
3	Аналіз існуючих технологій ліквідації аварій з небезпечними вантажами.		32
4	Розробка універсального сорбенту та методики виконання вимірювань кількісних та якісних показників		16
5	Техніко-економічне обґрунтування ефективності використання запропонованого сорбенту		8

Дата видачі завдання

Керівник дипломної роботи \_\_\_\_\_ Ю. В. Зеленько

д-р тех. наук професор

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ Д. С. Фесенко

## ЗМІСТ

Вступ.....	0
1. Аналіз проблеми розробки універсальних сорбентів .....	0
1.1 Система екологічної безпеки на транспорті.....	2
1.2. Характеристика класів небезпечних вантажів та їх властивості ...	5
1.3 Основні типи сорбентів.....	8
1.4. Висновки до першого розділу.....	14
2. Аналіз об'єктів дослідження.....	16
2.1 Сорбенти та технологічні вимоги до них.....	16
2.2 Особливості розробки сорбентів для ліквідації аварій з конкретними класами небезпеки .....	18
3. Аналіз існуючих технологій ліквідації аварій з небезпечними вантажами.....	22
3.1 Методи та засоби ліквідації наслідків аварій на залізничному, при перевезенні небезпечних вантажів. ....	22
3.2 Аналіз сучасних сорбентів які використовуються у якості ліквідаційного матеріалу.....	30
3.2.1 Торф'яний сорбент СОНЕТ-СОРБ .....	31
3.2.2 Біорозкладаний сорбент OCLANSORB. ....	35
3.2.3 Органомінеральний сорбент нафтопродуктів ЕКОЛАН.....	38
3.2.4 Олеофільний сорбент нафтопродуктів OL-EX CUBE.....	39
3.3 Аналіз сучасних варіантів використання сорбційних матеріалів.....	42
3.3.1 Сорбційні патрони.....	43
3.3.2 Сорбційні мати.....	45
3.4. Технологія виготовлення універсального сорбенту з композитних матеріалів.....	49
3.4.1 Стислий огляд сучасних практик карбонізації сировини рослинного походження.....	49
3.4.2 Загальна постановка експерименту карбонізації (методи та матеріали).....	53

3.4.3	Промислова технологія виготовлення універсального сорбенту з композитних матеріалів.....	54
4.	Розробка універсального сорбенту та методики виконання вимірювань кількісних та якісних показників .....	61
4.1	Визначення якісних та кількісних показників отриманого сорбенту.	61
4.1.1	Визначення масової долі води в активованому вугіллі.....	62
4.1.2	Визначення адсорбційної активності за модельними розчинами речовин класів небезпек 3, 5, 8.....	64
4.3.	Результати дослідження та їх критичний аналіз.....	68
4.3.1	Результати дослідження кількісних показників процесу карбонізації кавових відходів та відходів деревини	70
5.	Техніко економічне обґрунтування використання запропонованого сорбенту.....	71
	Висновки.....	79
	Список використаних джерел.....	81

## РЕФЕРАТ

Мета дослідження - розробити технологію виготовлення вуглецевих сорбентів на основі продуктів карбонізації відходів кавової продукції, та деревинних відходів, а також вивчити їх експлуатаційні властивості для очищення довкілля від розливів небезпечних речовин, підчас перевезення їх залізничним транспортом

Дослідження, представлені у роботі, відносяться до природоохоронної інженерії та екологічної безпеки у частині розробки нових матеріалів та методів захисту довкілля від забруднень техногенного походження.

Для досягнення поставленої мети у роботі виконано ряд завдань:

- аналіз різних методів ліквідації розливів небезпечних вантажів на залізничному транспорті

- вивчення особливостей різних класів небезпечних вантажів;

- виготовлення вуглецевого сорбенту з відходів кави, та тирси (аналіз теоретичних аспектів карбонізації відходів рослинного походження, виготовлення вуглецевого сорбенту шляхом карбонізації відходів та дослідження базових параметрів цього технологічного процесу);

- оцінка ефективності використання отриманого сорбенту для очищення довкілля при розливах небезпечних речовин підчас перевезення їх залізничним транспортом( узагальнення досвіду використання різних матеріалів для очищення довкілля при розливах, вивчення експлуатаційних властивостей отриманого сорбенту та оцінка його ефективності);

- оцінка економічної ефективності використання отриманого сорбенту для захисту довкілля при розливах.

Об'єкт дослідження. У якості сировини для виготовлення активованого вугілля пропонується використання відходів кавових зерен фракцією від 0,1 мм до 1 мм. Із відходів деревинної тріски або стружки пропонується використовувати крупну чи мілку тріску або стружку.

Методи дослідження та його складові. Постановка експериментальної частини та аналіз отриманих експериментальних даних виконані з

використанням методів дослідних зразків, узагальнення, порівняння та техніко-економічного аналізу. Вивчення експлуатаційних властивостей отриманого вуглецевого сорбенту виконано за стандартизованими методиками.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у визначенні ключових параметрів процесу карбонізації відходів споживання кавової продукції, та тирси а також формалізації впливу цих параметрів на якісні та кількісні показники отриманого вуглецевого сорбенту при ліквідації розливів небезпечних вантажів підчас їх перевезення залізничним транспортом.

Практична цінність отриманих результатів полягає у створенні технології виготовлення вуглецевого сорбенту на основі відходів споживання кавової та тирси продукції при ліквідації розливів небезпечних вантажів підчас їх перевезення залізничним транспортом.

Узагальнення наукового досвіду з тематики дослідження, підготовка експериментів виконано автором роботи самостійно. Постановка мети та завдань дослідження, узагальнення та критичний аналіз експериментальних даних виконано спільно з науковим керівником.

Основні положення наукової та практичної новизни дослідження пройшли апробацію з публікацією тез у рамках таких наукових конференцій: «26-та Міжнародна студентська науково практична конференція БЖД в 21ст.» (ДСИ, Дніпро, 2020), та в рамках наукової статті «Впровадження заходів щодо ліквідації наслідків аварій при перевезенні небезпечних вантажів» збірник наукових праць «Транспортні системи та технології перевезень» ДНУЗТ імені академіка В. Лазаряна, вип. 20. 2020р.

За своєю структурою робота складається з реферату, вступу, 5 розділів, висновків, списку використаної літератури, викладена на 71 сторінці, з яких основного тексту, включаючи 8 таблиць, 19 рисунків, 18 формул та 38 посилання.

## Вступ

В останнє десятиліття спостерігається значне посилення технічних норм і екологічних вимог до безпеки процесів перевезень небезпечних вантажів всіма видами транспорту. Це безпосередньо пов'язано з екологічними наслідками можливих аварійних або технологічних проток небезпечних вантажів внаслідок порушення регламенту їх перевезення.

У зоні аварійного розливу часто спостерігається конфлікт інтересів між прагненням захисту навколишнього середовища і необхідністю якнайшвидшого відновлення вантажного сполучення. Багато факторів безпосередньо впливають на вибір і реалізацію відповідної технології локалізації або ліквідації. В умовах дефіциту часу і безлічі сценаріїв розвитку аварійної ситуації вирішити дану організаційну задачу оперативно не представляється можливим. Більш того, існуючі технології і регламенти проведення ліквідаційних заходів показують свою оперативну неієздатність і відстрочену ефективність. Таким чином, на практиці локалізація і ліквідація аварійних розливів небезпечних вантажів здійснюється частково або не проводиться зовсім. Узагальнюючи сказане вище можна прийти до наступного висновку: традиційні технології локалізації і ліквідації розливів небезпечних вантажів на залізничному транспорті не мають універсальності, необхідної для оперативного та ефективного захисту навколишнього середовища. Отже, необхідно розробити новий підхід, який навіть в складних умовах забезпечить простоту, універсальність і ефективність організації ліквідаційних заходів.

Існує багато способів ліквідації аварійних наслідків при перевезенні небезпечних вантажів, таких як нейтралізація, гасіння піною чи водою, але найбільш розповсюдженим методом локалізації ліквідації наслідків є використання сорбентів, тому що вони високу ступінь очищення, низьку собівартість, простоту у їх отриманні та використанні.

Сорбційні матеріали широко застосовуються у всіх галузях промисловості, сільського господарства та медицини. Багато в чому сорбент майже незамінний при ліквідації наслідків аварійних розливів рідких небезпечних речовин таких як наприклад нафти, нафтопродуктів і хімічних

речовин. Розливи небезпечних речовин тягнуть за собою серйозні наслідки аж до екологічних катастроф. Усунення забруднень шляхом використання сорбентів - технологія, придумана для швидкого усунення наслідків розливів.

Сорбенти підрозділяються на гранульовані і волокнисті. Волокнисті сорбенти мають велику питому поверхню і мають більшу сорбційну здатність. Також волокнисті сорбенти мають регенеративної здатністю - можливістю повторного застосування, що визначає економічність матеріалів і їх актуальність в промислових областях. В якості сорбентів використовують широкий спектр матеріалів, серед яких: промислові синтетичні сорбенти, природні матеріали рослинного та мінерального походження та сорбенти на основі їх модифікації. Також слід відзначити що існують універсальні сорбенти. Універсальний сорбент це нерозчинний матеріал або суміш матеріалів, що поглинають як гідрофобні, так і гідрофільні рідини. Проблеми пошуку таких універсальних сорбентів а також опис їх експлуатаційних властивостей є актуальним науковим та природоохоронним завданням.

## 1. Аналіз проблеми розробки універсальних сорбентів

### 1.1 Система екологічної безпеки на транспорті

Наземний транспорт для промислово розвинених регіонів є однією з провідних галузей, що істотно впливають на економіку і характеризуються значним негативним впливом на довкілля.

Аналіз екологічних ситуацій, що складаються в системі «транспорт - природа - людина» свідчить про загострення екологічних проблем в галузі та посилення негативних тенденцій в багатьох ланках транспортних технологій з точки зору їх впливу на природу [3]. Ці проблеми зумовлені випереджаючими темпами розвитку транспорту та особливостями його взаємодії з об'єктами навколишнього природного середовища.

При цьому одним з найнебезпечніших явищ, що відбувається в процесі експлуатації транспорту є аварійні ситуації, що супроводжуються викидами небезпечних токсичних речовин [3].

Відомо, що головними причинами аварійних ситуацій є незадовільний стан основних виробничих фондів, постійні порушення встановлених вимог з безпечного ведення робіт, низька виробнича, технологічна і трудова дисципліна

Проблеми загострення екологічної ситуації в галузі та посилення негативних тенденцій в багатьох ланках транспортних технологій зумовлені випереджаючими темпами розвитку транспорту та особливостями його взаємодії з об'єктами навколишнього природного середовища. Необхідним етапом сучасного підходу до формування ефективної системи екологічного менеджменту на транспорті є створення спеціальної екоінформаційної системи, що дозволить надати об'єктивну оцінку еколого-економічних збитків як в процесі природокористування, так і у випадках аварійних інцидентів з негативними екологічними наслідками. Розвиток систем управління навколишнім середовищем при організації природокористування на основі сучасних інформаційних технологій дозволить не тільки скоротити частоту виникнення ситуацій, пов'язаних із забрудненням елементів середовища, але і оптимізувати організацію природокористування, оскільки висока концентрація ресурсів може призвести до появи в суміжних районах взаємовиключних видів антропогенної

діяльності. Розробка системи управління екологічним станом навколишнього середовища покликана визначити якнайкращі варіанти розвитку природокористування з урахуванням екологічних і економічних чинників.

Стратегія мінімізації дії на навколишнє середовище повинна здійснюватися як на етапі запобігання аварійним ситуаціям (профілактика, своєчасна діагностика, заміна), так і на етапах локалізації і ліквідації наслідків аварійних ситуацій. цьому випадку особлива увага повинна приділятися сучасним інноваційним методам відновлення забруднених територій і знешкодження небезпечних відходів ліквідації. Необхідним етапом сучасного підходу до формування ефективної системи екологічного менеджменту на транспорті є створення спеціальної екоінформаційної системи, що дозволить надати об'єктивну оцінку еколого-економічних збитків як в процесі природокористування, так і у випадках аварійних інцидентів з негативними екологічними наслідками.

У структурі системи управління екологічним станом навколишнього середовища основною складовою є база даних, що забезпечує систему інформацією і визначає її структуру, функції і здатності до вирішення управлінських завдань, що базуються на моделюванні ситуації.

Аналіз діючих схем управління екологічною безпекою транспортної інфраструктури вказує на її недосконалість та на відсутність в її структурі організованої системи отримання і аналізу даних для своєчасного прийняття управлінських рішень щодо раціонального природокористування та мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище [3].

Розвиток систем управління навколишнім середовищем при організації природокористування на основі сучасних інформаційних технологій дозволить не тільки скоротити частоту виникнення ситуацій, пов'язаних із забрудненням елементів середовища, але і оптимізувати організацію природокористування, оскільки висока концентрація ресурсів може призвести до появи в суміжних районах взаємовиключних видів антропогенної діяльності. В цьому випадку система управління екологічним станом навколишнього середовища покликана визначити якнайкращі варіанти розвитку природокористування з урахуванням

екологічних і економічних чинників. Також є проблема забезпечення безпеки руху під час перевезення небезпечних вантажів, особливо при перевезенні вантажу залізничним та водним видами транспорту, Поки що перевезення автомобільним транспортом є найбезпечнішим варіантом перевезення, тому що там прийняті усі можливі кроки починаючи від планування перевезення небезпечних вантажів, до засобів ліквідації наслідків у разі виникнення аварійної ситуації. [3]

## 1.2. Характеристика класів небезпечних вантажів та їх властивості

Небезпечний вантаж - речовини, матеріали, вироби, відходи виробничої та іншої діяльності, які в силу притаманних їм властивостей за наявності певних факторів можуть під час перевезення спричинити вибух, пожежу, пошкодження технічних засобів, пристроїв, споруд та інших об'єктів, заподіяти матеріальні збитки та шкоду навколишньому середовищу, а також привести до загибелі, травмування, отруєння людей і тварин. [4]

Відповідно до ДОПНВ[2] (Європейська угода про міжнародне дорожнє перевезення небезпечних вантажів) визначено такі класи небезпечних вантажів:

Клас 1 Вибухові речовини і вироби

Клас 2 Гази

Клас 3 Легкозаймисті рідини

Клас 4.1 Легкозаймисті тверді речовини, самореактивні речовини, речовини, які полімеризуються і тверді десенсибілізовані вибухові речовини

Клас 4.2 Речовини, здатні до самозаймання

Клас 4.3 Речовини, що виділяють легкозаймисті гази при зіткненні з водою

Клас 5.1 Речовини, що окислюють

Клас 5.2 Органічні пероксиди

Клас 6.1 Токсичні речовини

Клас 6.2 Інфекційні речовини

Клас 7 Радіоактивні матеріали

Клас 8 Корозійні речовини

Клас 9 Інші небезпечні речовини та вироби.

Небезпечний вантаж — речовини, матеріали, вироби, відходи виробничої та іншої діяльності, які внаслідок притаманних їм властивостей за наявності певних факторів можуть під час перевезення спричинити:

- вибух,
- пожежу,
- пошкодження технічних засобів, пристроїв, споруд та інших об'єктів,
- заподіяти матеріальні збитки та шкоду довкіллю,
- призвести до загибелі, травмування, отруєння людей, тварин.

Небезпечні і шкідливі виробничі фактори. Класифікація [50]"небезпечні і шкідливі виробничі фактори поділяються за своєю природою дії на групи:

- фізичні;
- хімічні;
- біологічні;
- психофізіологічні.

До фізичних факторів належать: рухомі частини виробничого обладнання, запиленість, загазованість повітря робочої зони, шум, вібрація, ультразвук і т.д.

• Хімічні небезпечні та шкідливі виробничі фактори поділяються за характером впливу на організм людини на[51]:

- токсичні;
- дратівливі;
- канцерогенні;
- мутагенні і т.д.

• Біологічні небезпечні та шкідливі виробничі фактори включають біологічні об'єкти:

- патогенні мікроорганізми (бактерії, віруси, гриби найпростіші і т.д.)

і продукти їх життєдіяльності;

- мікроорганізми (рослини, тварини).

• Психофізичні небезпечні і шкідливі виробничі фактори за характером дії поділяються на:

- фізичні перевантаження;
- нервово-психічні перевантаження ;
- Шкідливі речовини за ступенем впливу на організм людини

поділяються на чотири класи:

- речовини надзвичайно небезпечні;
- речовини високонебезпечні;
- речовини помірно небезпечні;
- речовини малонебезпечні.

Кожне виробництво характеризується своїм комплексом небезпечних і шкідливих факторів, джерелами яких є обладнання та технологічні процеси.

Умови праці на залізничному транспорті, характер дії на організм працюючого факторів виробничого середовища, в тому числі і шкідливих, мають свою специфіку і здатні викликати різні функціональні і органічні зміни, які, цілком ймовірно, можуть трансформуватися в синдромокомплекс професійного захворювання. [50]

1. До небезпечних вантажів належать вантажі, які в умовах перевезення або зберігання можуть послужити причиною вибуху, пожежі, захворювання, отруєння або опіків людей і тварин, а також викликати псування інших вантажів, рухомого складу, споруд, пристроїв, тому ці вантажі вимагають дотримання спеціальних умов і прийняття запобіжних заходів при перевезенні та зберіганні.

2. Небезпечні вантажі, як правило, перевозяться на залізничних дорогах в критих вагонах. Деякі небезпечні вантажі перевозяться тільки в спеціально виділених і обладнаних вагонах, приписаних до станцій навантаження або орендованих вантажовідправником (П. 83, 84, 88, 102). На таких вагонах повинні бути нанесені трафарети про спеціальне призначення і станції приписки. Ряд небезпечних вантажів перевозиться в універсальних контейнерах МПС або в спеціальних контейнерах відправника. Багато рідкі вантажі з числа небезпечних допускаються до перевезення наливом в вагонах-цистернах в порядку, передбаченому Правилами перевезень рідких вантажів наливом у вагонах-цистернах і бункерних піввагонах (n0001400-66).

3. Приписані до пунктів вантаження спеціально обладнані і орендовані вагони після вивантаження разом з обладнанням направляються за повними перевізними документами на станцію приписки за пломбами вантажоодержувача. [52]

4. По залізницях перевозяться небезпечні вантажі, перераховані в додатку 1.

1. Небезпечні вантажі, не зазначені в додатку 1, але подібні за хімічними властивостями і характером небезпеки з вантажами, перерахованими в додатку 1, перевозяться на умовах, зазначених вантажовідправником в накладній, про що він повинен зробити наступну позначку в накладній під найменуванням вантажу: "Вантаж ... (вказується його найменування) відноситься до числа небезпечних категорій ... (вказується характер небезпеки вантажу), повинен перевозитися на умовах, встановлених Правилами перевезень небезпечних вантажів для ... "(вказується найменування небезпечного вантажу згідно з додатком 1). Вантажовідправник несе відповідальність за правильне визначення умов перевезень вантажу, не вказаної в додатку 1.

6. Перевезення небезпечних вантажів, які не можуть бути прирівняні до вантажів, зазначених у додатку 1, або перевезення яких необхідно проводити в спеціально виділених вагонах або на умовах, не передбачених цими Правилами, допускається тільки з дозволу Міністерства шляхів сполучення на підставі клопотання міністерства, відомства, в систему якого входить підприємство-відправник, з обов'язковим поданням характеристики вантажу за формою, встановленою Міністерством шляхів повідомлення. [52]

### 1.3 Основні типи сорбентів

Сорбція — захоплення газу, пари або розчинених речовин твердим тілом чи рідиною. Тіло, що поглинає називається сорбентом, а речовина, котра поглинається ним — сорбатом (або сорбтивом).

Сорбція — поглинання (вбирання) газів, парів та розчинених речовин твердими тілами або рідинами (сорбентами). [5]

Розрізняють:

адсорбцію — поглинання поверхнею твердого тіла або поглинання на межі розділу рідина — рідина та рідина — газ (пара);

абсорбцію — поглинання всією масою рідини або твердого тіла;  
хемосорбцію — поглинання з утворенням хімічної сполуки;  
капілярну конденсацію, що виявляється в утворенні рідкої фази в порах та капілярах поглинача.

Сорбція — це сукупність процесів адсорбції, абсорбції, хемосорбції і капілярної конденсації. Поглинаюче тіло називається сорбентом, поглинуте — сорбатом (сорбтивом). Виділення з поверхні адсорбента раніше адсорбованих речовин внаслідок зміни стану навколишнього середовища називається десорбцією. Кількісно адсорбцію можна оцінити значиною питомої адсорбції, за яку мають кількість речовини, адсорбованої одиницею поверхні або маси адсорбента в умовах, коли швидкості адсорбції і десорбції однакові. Вплив концентрації речовини на питому адсорбцію можна зобразити за допомогою кривих, що називаються ізотермами адсорбції. В зоні низьких і високих концентрацій при сталих температурі і тиску ці залежності описуються рівнянням ізотерми адсорбції Ленгмюра. Сорбційно-десорбційні процеси рівноважні; рівновага системи адсорбент — розчин визначається коефіцієнтом поділу, який є при даній температурі величиною сталою. [5,6]

Сорбційні процеси широко застосовуються в промисловості для очищення хім. продуктів, газів, при збагаченні корисних копалин тощо. У водних розчинах роль сорбенту часто виконують колоїди.

Механізм: у сорбційних процесах різні види сорбції зазвичай відбуваються одночасно. У біологічних системах велику роль відіграє сорбція (адсорбція) певних речовин на поверхні клітин і мембранах внутрішньоклітинних структур, а також сорбція (абсорбція) органелами клітини й молекулами біополімерів. Для біологічних систем характерна висока специфічність (вибірковість) сорбції, що визначається особливостями просторової конфігурації молекул сорбенту. Ці макромолекули відіграють роль рецепторів для відповідного сорбата. Прикладами сорбції може служити зв'язування молекул CO<sub>2</sub> хлоропластами при фотосинтезі в рослин, амінокислот — еритроцитами, що переносять їх до тканинних клітин, прикріплення фага до поверхні чутливих до нього бактеріальних клітин й ін.

Сорбційні процеси широко використовують у промисловості для очищення хімічних продуктів, вловлювання пари та газів тощо. Найважливіші тверді сорбенти, здатні до регенерації і широко застосовуються в техніці — активоване вугілля, силікагель, іоніти, цеоліти. Сорбція в гідрометалургії — поглинання цінних компонентів (урану, золота, молібдену тощо) з розчинів пульп при вилуговуванні руд і концентратів. На процесах сорбції базується хроматографія.

Вивчення сорбційних процесів часто базується на аналізі ізотерм сорбції.

Види сорбентів

Сорбція, тобто зв'язування шкідливих речовин, може бути двох видів:

- адсорбція, при якій токсини «збираються» на поверхні сорбенту;
- абсорбція, при якій токсична речовина поглинається по всьому обсягу сорбента.

За походженням сорбенти розділяють на:

- 1) мінеральні (бентоніти, палигорскіти);
- 2) органічні (сполуки органічного походження на основі модифікованих глюкомананів стінок дріжджових клітин та пептидоглікану бактерій, неперетравлювана целюлоза, різні види активованого вугілля);
- 3) синтетичні полімери (холестірамін, полівінілпіролідон).

Для небезпечної речовини, такі сорбенти:

1. Неорганічні види сорбентів
2. Органічні (природні) і органо сорбенти
3. Синтетичні види сорбентів

Вони поділяються на такі категорії:

- неорганічні;
- органічні (природні);
- органічні мінеральні;
- синтетичні. [6]

## 2. АНАЛІЗ ОБ'ЄКТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 2.1 Сорбенти та технологічні вимоги до них

Сорбція — захоплення газу, пари або розчинених речовин твердим тілом чи рідиною. Тіло, що поглинає називається сорбентом, а речовина, котра поглинається ним — сорбатом (або сорбтивом).

Також, Сорбція — поглинання (вбирання) газів, парів та розчинених речовин твердими тілами або рідинами (сорбентами). [7]

Розрізняють:

адсорбцію — поглинання поверхнею твердого тіла або поглинання на межі розділу рідина — рідина та рідина — газ (пара);

абсорбцію — поглинання всією масою рідини або твердого тіла;

хемосорбцію — поглинання з утворенням хімічної сполуки;

капілярну конденсацію, що виявляється в утворенні рідкої фази в порах та капілярах поглинача.

Сорбція — це сукупність процесів адсорбції, абсорбції, хемосорбції і капілярної конденсації. Поглинаюче тіло називається сорбентом, поглинуте — сорбатом (сорбтивом). Виділення з поверхні адсорбента раніше адсорбованих речовин внаслідок зміни стану навколишнього середовища називається десорбцією. Кількісно адсорбцію можна оцінити значиною питомої адсорбції, за яку мають кількість речовини, адсорбованої одиницею поверхні або маси адсорбента в умовах, коли швидкості адсорбції і десорбції однакові. Вплив концентрації речовини на питому адсорбцію можна зобразити за допомогою кривих, що називаються ізотермами адсорбції. В зоні низьких і високих концентрацій при сталих температурі і тиску ці залежності описуються рівнянням ізотерми адсорбції Ленгмюра. Сорбційно-десорбційні процеси рівноважні; рівновага системи адсорбент — розчин визначається коефіцієнтом поділу, який є при даній температурі величиною сталою.

Сорбційні процеси широко застосовуються в промисловості для очищення хім. продуктів, газів, при збагаченні корисних копалин тощо. У водних розчинах роль сорбенту часто виконують колоїди.

Механізм: у сорбційних процесах різні види сорбції зазвичай відбуваються одночасно. У біологічних системах велику роль відіграє сорбція (адсорбція) певних речовин на поверхні клітин і мембранах внутрішньоклітинних структур, а також сорбція (абсорбція) органелами клітини й молекулами біополімерів. Для біологічних систем характерна висока специфічність (вибірковість) сорбції, що визначається особливостями просторової конфігурації молекул сорбенту. Ці макромолекули відіграють роль рецепторів для відповідного сорбата. Прикладами сорбції може служити зв'язування молекул CO<sub>2</sub> хлоропластами при фотосинтезі в рослин, амінокислот — еритроцитами, що переносять їх до тканинних клітин, прикріплення фага до поверхні чутливих до нього бактеріальних клітин й ін. [7]

Сорбційні процеси широко використовують у промисловості для очищення хімічних продуктів, вловлювання пари та газів тощо. Найважливіші тверді сорбенти, здатні до регенерації і широко застосовуються в техніці — активоване вугілля, силікагель, іоніти, цеоліти. Сорбція в гідрометалургії — поглинання цінних компонентів (урану, золота, молібдену тощо) з розчинів пульп при вилуговуванні руд і концентратів. На процесах сорбції базується хроматографія.

Вивчення сорбційних процесів часто базується на аналізі ізотерм сорбції.

а) Види сорбентів

Сорбція, тобто зв'язування шкідливих речовин, може бути двох видів:

-адсорбція, при якій токсини «збираються» на поверхні сорбенту;

-абсорбція, при якій токсична речовина поглинається по всьому обсягу сорбента.

б) За походженням сорбенти розділяють на:

1) мінеральні (бентоніти, палигорскіти);

2) органічні (сполуки органічного походження на основі модифікованих глюкомананів стінок дріжджових клітин та пептидоглікану бактерій, неперетравлювана целюлоза, різні види активованого вугілля);

3) синтетичні полімери (холестірамін, полівінілпіролідон). [7]

Варто зазначити, що сорбенти використовують для ліквідації аварійних наслідків тільки при перевезенні рідких небезпечних речовин. Саме тому ми виключили зі списку небезпечних вантажів які ми не можемо ліквідувати сорбційними методами, наступні небезпечні вантажі:

Клас 1 Вибухові речовини і вироби

Клас 2 Гази

Клас 4.1 Легкозаймисті тверді речовини, самореактивні речовини, речовини, які полімеризуються і тверді десенсибілізовані вибухові речовини

Клас 4.2 Речовини, здатні до самозаймання

Клас 4.3 Речовини, що виділяють легкозаймисті гази при зіткненні з водою

Клас 6.1 Токсичні речовини

Клас 6.2 Інфекційні речовини

Клас 7 Радіоактивні матеріали

Клас 9 Інші небезпечні речовини та вироби

Всі інші групи небезпечних вантажів планується ліквідувати за допомогою нашого сорбенту. Нами планується розробити універсальний сорбент який можна використовувати для локалізації та ліквідації аварійних наслідків при перевезенні небезпечних вантажів, для таких груп небезпечних вантажів:

Клас 3 Легкозаймисті рідини

Клас 5.1 Речовини, що окислюють

Клас 5.2 Органічні пероксиди

Клас 8 Корозійні речовини

2.2 Особливості розробки сорбентів для ліквідації аварій з конкретними класами безпеки. [4]

Так як ми залишили 3,5,8 класи небезпечних речовин з якими ми можемо працювати, то для розробки універсального сорбенту спочатку нам потрібно розібратись із властивостями обраних класів небезпечних речовин.

Легкозаймисті рідини (клас 3):



Рисунок 2.1[4]- 3 клас небезпеки

Клас 3 охоплює речовини та вироби, що містять речовини цього класу, які:

- Є рідинами;
- Мають тиск парів при температурі 50 ° С не більше 300 кПа (3 бар) і не є повністю газоподібними при температурі 20 ° С і нормальному тиску 101,3 кПа;
- Мають температуру спалаху не вище 60 ° С.

Клас 3 охоплює також рідкі речовини і тверді речовини в розплавленому стані з температурою спалаху вище 60 ° С, які пред'являються до перевезення або перевозяться в гарячому стані при температурі, що дорівнює їхній температурі спалаху або перевищує її. Назва класу 3 охоплює також рідкі десенсибілізовані вибухові речовини. Рідкі десенсибілізовані вибухові речовини - це вибухові речовини, розчинені або суспендовані у воді або інших рідких речовинах для утворення однорідної рідкої суміші з метою пригамовування їхніх вибухових властивостей. [4]

Приклад: бензин, гас, розчинники, ацетон, лаки, фарби олійні, нітроемалі, ґрунтовки, поліграфічні фарби, чорнило для принтерів, політури, сикативи, сольвенти, ароматизатори для напоїв на спиртній основі, настоянки, герметики, ефіри, клеї на основі органічних розчинників, лосьйони косметичні, одеколони, духи, туалетна вода, лаки для нігтів, масло ялицеве.

Речовини, що окислюють (клас 5)[3]:



Рисунок 2.2[4] - клас 5.1 речовини, що окислюють

Клас охоплює речовини, які, самі по собі не обов'язково будучи горючими, можуть, звичайно шляхом виділення кисню, викликати або підтримувати горіння інших матеріалів, а також вироби, що містять такі речовини.

Речовини, що окислюють, які самі по собі не горючі, але сприяють легкій займистості інших речовин і виділяють кисень при горінні, тим самим збільшуючи інтенсивність вогню.

Приклади: аміачно-нітратне добриво, аміачна селітра, калієва селітра, хлорат кальцію, відбілювачі, перекис водню.

Органічні пероксиди (клас 5.2)[4]:



Рисунок 2.3[4] - клас 5.2 Органічні пероксиди

Клас охоплює органічні пероксиди та суміші органічних пероксидів.

Органічні пероксиди - це органічні речовини, які містять двовалентну структуру -O-O- та можуть розглядатися як похідні продуктів пероксиду водню, в якому один або обидва атоми водню заміщені органічними радикалами.

Органічні пероксиди схильні до екзотермічного розкладання при нормальній або підвищеній температурі. Розкладання може початися під впливом тепла, контакту з домішками (наприклад, кислотами, сполуками важких металів, амінами), тертя або удару. Швидкість розкладання зростає зі збільшенням температури і залежить від складу органічного пероксиду. Розкладання може призводити до утворення шкідливих або легкозаймистих газів або парів. Певні органічні пероксиди слід перевозити при регулюванні температури. Деякі з органічних пероксидів можуть розкладатися з вибухом, особливо в замкнутому просторі. Це властивість можна змінити шляхом додавання розчинників або використання відповідної тари. Багато органічних пероксидів інтенсивно горять. Слід уникати потрапляння органічних пероксидів в очі. Деякі органічні

пероксида навіть при нетривалому контакті призводять до серйозної травми рогової оболонки очей або роз'їдають шкіру.

Приклади: гідроперекис третбутила, компоненти білої фарби, деякі затверджувачі.

Клас 8 Корозійні речовини (рис.2.4)[4]:



Рисунок 2.4[4]. – клас 8 корозійні речовини

Клас охоплює речовини та вироби, що містять речовини цього класу, які в силу своїх хімічних властивостей впливають на епітеліальну тканину - шкіри або слизової оболонки - при контакті з нею або які в разі витоків або прокидання можуть викликати пошкодження або руйнування інших вантажів чи транспортних засобів. Назва цього класу охоплює також інші речовини, які утворюють корозійну рідину лише в присутності води або які при наявності природної вологості повітря утворюють корозійні пари або суспензії.

Приклади: акумулятори, електроліти для акумуляторів, сірчана, соляна, оцтова, мурашина та інші кислоти, харчові кислоти, концентрати напоїв, фруктові есенції, їдкий натр, їдке калі, ртуть, тест - системи лабораторні.

Ознайомившись детальніше із властивостями класів небезпечних вантажів ми з'ясували, що сорбент:

- по перше повинен бути стійким до їдких небезпечних вантажів;
- по друге повинен витримувати високі температури, тобто не розплавитись, при використанні їх в умовах загоряння розлитого небезпечного вантажу, але треба зазначити, що якщо виникла аварія, яка супроводжується пожежею (горіння цистерн, горіння продукту, що витікає або розливається, горіння пасажирських та інших вагонів і стаціонарних споруд), то спочатку треба загасити пожежу, а потім можна використовувати [4]

### 3.АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЛІКВІДАЦІЇ З НЕБЕЗПЕЧНИМИ ВАНТАЖАМИ.

3.1Методи та засоби ліквідації наслідків аварій на залізничному, при перевезенні небезпечних вантажів.

Аварії на залізничному транспорті[8] при перевезенні небезпечних вантажів можуть призводити до пожеж, вибухів, хімічного, біологічного та радіаційного забруднення.

Характерними особливостями таких аварій є значні розміри и велика швидкість формування зони ураження.

При цьому заходи з надання допомоги постраждалим визначаються характером ураження,людей розмірами ушкодження технічних засобів та наявністю вторинних вражаючих факторів.

На пожежно-рятувальні підрозділи[8], що прибувають до місця НС,покладаються наступні завдання:

- локалізація і ліквідація наслідків вражаючих факторів
- пошук постраждалих та евакуація
- надання постраждалим першої медичної допомоги

Контроль вмісту небезпечних речовин у повітрі, воді.

При ліквідації наслідків аварійних ситуацій з НВ[8] необхідно враховувати їх властивості не тільки відповідно до класу безпеки , а передусім, відповідно до класу вантажу.

До небезпечних речовин класу 3 відносяться легко легкозаймісті рідини температура спалаху яких у закритому тиглі не більше + 61°C.

двох з 3.0 від відносять легко легкозаймісті рідини, які мають температуру спалаху в закритому тиглі 18°C.

до класу 3.2 належать легкозаймісті рідини з температурою спалаху в закритому тиглі не менше 18 градусів, але не більше за плюс + 23°C

До підкласу 3.3 відносяться легкозаймисті рідини з температурою спалаху в закритому тиглі не менше + 23°C, але не більше за + 61°C.

При проведенні відновлювальних робіт необхідно враховувати специфічні властивості вантажів цього класу, особливо класу 3.1 загальною властивістю вантажів цього класу у випадку витoku є здатність утворювати на поверхні взаємністю концентрацію парів за будь-якої температури довкілля, вищої за температуру спалаху. [8]

Горюча концентрація парів може розповсюджуватися від місця виникнення на відстань більше 2 км, а низькі температури самоспалахування парів 100-300°C призводить до їх займання від нагрітих тіл та поверхонь. Тому перед тим як приступити до роботи з цистернами що містять ЛЗР переконуємось в їх герметичності та у тому, що вони не є нагрітими. частини цистерн, що нагрілися у зоні теплової дії пожежі, тривалий час мають значне теплове випромінювання, в наслідок чого можуть бути небезпечними викликати опіки для працівників відбудовних та пожежних поїздів. крім цього розігріті цистерни, особливо їх верхні частини, які не мають контакту з рідкою фазою, можуть бути причиною займання парової фази при зрушення з місця сильними ривками з причини пересування рідкої фази та гідроудару. тому при роботі відбудовних засобів з такими цистернами, необхідно передбачити можливість негайна відчеплення тягової техніки та відведення її на безпечну відстань. при цьому протипожежні засоби повинні знаходитися у повній бойовій готовності для забезпечення відбудовних робіт. При пошкодженні цистерни з ЛЗР що супроводжується витокom, необхідно вживати заходів що до усунення витoku, відвести цистерну на безпечну відстань та перелити вміст у порожню цистерну. Якщо при витoku ЛЗР виникає пожежа, то необхідно на шляху рідини, що горить, утворити земляну перешкоду, погасити пожежу або підтримувати варіння під контролем до повного вигорання рідини, що витікає.

При проведенні аварійно- відбудовних робіт з нагрітими цистернами, ми які містять ЛЗР, Необхідно вжити усіх заходів з їх інтенсивного походження водою до температури з оточуючого середовища та усунення витoku парової та рідкої фази. після цього допускається їх транспортування залізницею, якщо що

колії не деформовані , або підйом зрушення та пересування за межі небезпечної зони за допомогою техніки відбудовних поїздів. [8]

У початковій стадії пожежі, яка супроводжується вибухами а потужними тепловими випромінюваннями, особливий склад, або аварій, не повинен наближатися до ємностей. особливий склад повинен знаходитися на відстані не менше 200 м з використанням, а якщо треба, різноманітних місцевих укриттів для захисту від дії ударної хвилі. Порожні цистерни із залишками ЛЗР містять насичені пари, вибухонебезпечна концентрація яких лежить у діапазоні температурних меж розповсюдження полум'я. якщо температура довкілля знаходиться у діапазоні температурних меж розповсюдження полум'я, поза джерел може пара повітряної суміші. Порожні цистерни слід вважати небезпечними у тій же мірі як і повні.

До небезпечних речовин класу 5[8] відносяться речовини окислювачі та органічні пероксиди, речовини, що виділяють кисень та викликають самозаймання горючих речовин або тих які утворюють іншими речовинами Вибухові суміші.

до небезпечних вантажів підкласу 5.1 речовини окислювачі відносять[8]:

- речовини окислювачі рідинні та їх водні розчини
- речовини окислювача тверді та їх водні розчини
- тару порожнім неочищену

твердими речовинами вважаєте речовини або суміші речовин з температурою плавлення вище + 4 °С.

залежно від ступеня ризику речовини підкласу 5.1 відносяться до однієї з наступних груп[8]:

- а) речовини з високим ступенем ризику
- б) небезпечні
- с) речовини з низьким ступенем ризику

До небезпечних вантажів підкласу 5.2 органічні пероксиди відносять органічні речовини, які мають у своїй структурі ланцюг R-O-O-R , можуть розглядатися як такі, що утворилися з пероксиду водню, в яких 1/2 атом водню замінено органічними радикалами. органічні пероксиди є термічна

неврівноважений речовинами, що підлягають самоприскорюванню екзотермічна розкладанню з можливістю вибуху, є чутливими до тертя та удару. [8]

Специфічність властивостей небезпечних вантажів класу 5 визначається їх здатністю при нагріванні розкладатися з утворенням кисню розклад пероксидів може мати характер вибуху, що сприяє розвитку пожежі в умовах аварійної ситуації, утворювати із займись цими речовинами суміші, які здатні до самозаймання у момент їх утворення, або займатися за наявності джерела займання та утворювати токсичні речовини при контакті з неорганічними речовинами. необхідно які речовини наувчати з місця витоку або розсипу.

До небезпечних речовин класу 8[10] відносять їдкі речовини або їх водні розчини які при безпосередньому контакті викликають видимими шкіряної тканини тварин за період більше 4 год , Та або корозійні речовини водні розчини яких викликають корозію сталь марки СТ3 ого алюмінієвої алюміній марки А6 поверхні зі швидкістю не менше 6 25 ММ на рік за температури + 55°C.

До підкласу 8 1 відносяться їдкі та корозійні речовини що мають кислотні властивості та справляють некротизуючий вплив на живу тканину та викликають корозію металів.

До підкласу 82 відносяться їдкі та корозійні речовини які мають властивості основи та справляють некротизуючий вплив на живу тканину та викликають корозію металів.

Підкласу 8 3 належить речовини які не віднесено до підкласів 8.1 та 8.2 але такі що справляють некротизуючий вплив на живу тканину та викликають корозію металів. [8]

При проведенні аварійно відновлювальних робіт з небезпечними вантажами цього класу необхідно. Враховувати що при безпосередньому контакті ці речовини викликають пошкодження живої тканини а при витоку та прописані пошкодження та навіть руйнування вантажів або транспортних засобів.

Деякі вантажі цього класу є горючими речовинами які утворюють при горінні токсичні продукти проявляють окислювально дію запалюють займисті речовини матеріали.

Сорбенти[8] бувають тканинними, порошкоподібними і боновими. Вступаючи у взаємодію з водним середовищем, вони відразу починають вбирати в себе нафту і нафтопродукти. При їх середньої щільності сорбенти максимально насичуються за перші десять секунд збору. Після цього на поверхні води залишаються легко збираються грудки нефтенасищеної матеріалу.

Основні переваги - їх можна застосовувати незалежно від умов навколишнього середовища, а також мінімальні витрати на їх зберігання і доставку до місця ліквідації аварійних розливів нафти і нафтопродуктів.

Сорбенти можна застосовувати спільно з будь-якими бонами постійної плавучості. Їх застосовують не тільки при вже аварії, що сталася, а й для попередження такої, наприклад, їх розсипають навколо морських видобувних платформ і поблизу нафтоналивних комплексів. Ці елементи здатні вбирати все нафтові забруднення, видаляючи при цьому навіть райдужну плівку.

Встановлення сорбуючих бонових загороджень на річках, де немає судноплавства, значно покращують їх екологію. [8]

Сорбуючі бони ставляться також з метою захисту берегів від нафтових розливів, використовуються для сорбції ННП в умовах закритих водойм, застосовуються на ТЕЦ (в випускних колекторах), для локалізації витоків на палубах нафтоналивних танкерів і на нафтових сховищах.

Доцільно їх застосовувати як додатковий рубіж в комплексі з боновими загородженнями інших видів. [8]

### 3.2 Аналіз сучасних сорбентів які використовуються у якості ліквідаційного матеріалу

Так як сорбційний метод використовується тільки для рідких НВ, ми виключаємо такі класи небезпеки 1,2,4,6,7,9. Надалі працюємо з класами небезпеки 3,5,8. В даному розділі провели найбільш поширених матеріали які використовують у якості сорбційних матеріалів, для ліквідації наслідків аварій під час перевезення небезпечних вантажів на залізничному та водному видах транспорту.

Таблиця 3.1 Різні сорбційні матеріали, для ліквідації наслідків аварій під час перевезення небезпечних вантажів на залізничному та водному видах транспорту.

Сорбенти	Класи небезпеки			
	3 клас (Легкозаймісті речовини)	5 клас (Органічні пероксиди)		8 клас (Корозійні речовини)
		5.1	5.2	8.1
Активоване вугілля	+	+	+	+
Кам'яне вугілля				
Пісок (глина)	+			
вовна				
шерсть	+			
Модифіковані торфи	+			
Деревна тріска	+	+	+	
Висушені зернові продукти	+			
Макулатура		+	+	

Роблячи висновки з таблиці найбільш розповсюдженими сорбентом є активоване вугілля та деревна стружка. Саме тому, планується використання цих матеріалів для виготовлення універсального сорбенту з композитних матеріалів.

Для порівняння ми проаналізували досвід різних країн в тому числі й України стосовно виготовлення універсальних сорбентів.

### 3.2.1 Торф'яний сорбент СОНЕТ-СОРБ[9]

На рисунку 1 представлений Торф'яний сорбент СОНЕТ-СОРБ



Рисунок 3.1 Торф'яний сорбент СОНЕТ-СОРБ[10]

Екологічно чистий продукт з торфу - сорбент "СОНЕТ-РОРБ", призначений для експрес поглинання і фіксації нафти, нафтопродуктів, масел, мазуту та інших рідких неполярних забруднювачів вуглеводневої природи. Сорбент застосовується на суші і на водних поверхнях, а також для створення буферної зони біля узбережжя, видалення тонких райдужних плівок, очищення портів, забруднених поверхонь скель, пірсів, хвилерізів, замазучених металоконструкцій і транспортного устаткування.

Зберігає працездатність при температурі від  $-20^{\circ}\text{C}$  до  $+100^{\circ}\text{C}$ .

Використовується для забезпечення прискореної рекультивації очищених територій, тому що є меліорантів і меліоранти ґрунту. В таблиці 1 показані основні характеристики сорбенту.

Таблиця 3.2 Основні характеристики Торф'яного сорбенту СОНЕТ-СОРБ[9]

Назва показника	Значення
Склад	торф
Органічні речовини, % по масе	не менш 85
Зольність, % до органічних речовин	13 - 14
Влажність, % за масою	не більш 13
Насипна щільність, кг / м <sup>3</sup> ,	440 - 450
Сорбційна ємність, г/г за нафтою	3,2 - 3,6
Плавуцність, добу	не менш 24
Колір	темно-коричневий
Пакування мішок, кг	20

Опис технології виготовлення сорбенту[9].

- Сорбент проводиться з низового торфу по піролізної технології з найвищою насипною щільністю серед аналогів. При використанні в реальних природних умовах сорбент не розпорошувати за вітром, а накриває пляма забруднення.

- Дрібнодисперсна (Дрібнопорошкова) структура має максимальну площу зіткнення і має властивість експрес поглинання нафтопродуктів. Сорбент можна ефективно розпорошувати за допомогою різного пневмооборудованія.

- Піролізна технологія робить сорбент максимально гідрофобним. Сорбент не вбирає воду і тримається на воді в конгломераті і тримає накриті пляма від розмивання не менше 25 діб.

- Працездатність сорбенту в широкому діапазоні температур від  $-20^{\circ}\text{C}$  до  $+100^{\circ}\text{C}$ .

- Швидкість сорбції нафтопродуктів: товарної нафти середньої в'язкості при температурі  $+20^{\circ}\text{C}$  становить 15-30 сек, бензину і тонких (райдужних) плівок вуглеводневої природи з водної поверхні 1-2 сек, моторного масла 5-8 сек. При негативних температурах час поглинання нафти зростає до 1-2 хв.

Основні переваги сорбенту "СОНЕТ-РОРБ" серед торф'яних аналогів[9]:

- експрес-поглинання органічних забруднювачів завдяки своїй структурі;
- стерильні, не містять патогенних мікроорганізмів;
- висока швидкість покриття плями забруднювача і швидкість поглинання;
- здатність видаляти тонкі (райдужні) плівки з водної поверхні;
- безбоновая локалізація і ліквідація аварійних розливів на водній поверхні;
- відсутність десорбції;
- технологічність застосування, завдяки реології сорбенту як дисперсного матеріалу;
- можливість застосування як на суші так і на воді;
- неабразивні сорбенту.

Утилізація сорбенту і конгломерату[9]:

- спалюванням, з метою отримання теплової енергії на діючих енергетичних установках без їх переобладнання;

- в якості пластифікуючого компонента при виробництві дорожніх покриттів;
- в якості компонента для виробництва протифільтраційних екранів;
- захороненням на звалищі;
- переробкою на підприємствах, що займаються утилізацією побутових відходів (можна з попередньою екстракцією нафтопродуктів) і подальшим спалюванням або внесенням сорбенту в ґрунт.

В цілому всі способи утилізації відпрацьованого сорбенту є екологічно безпечними і не вимагають істотних витрат.

### 3.2.2 Біорозкладаний сорбент OCLANSORB[11]

На рисунку 3.3 представлений біорозкладаний сорбент OCLANSORB



Рисунок 3.3 Біорозкладаний сорбент OCLANSORB[12]

Екологічно безпечний органічний, нетоксичний, неабразивний сорбент володіє здатністю біологічного розкладання поглинених нафтопродуктів.

На відміну від інших сорбентів Oclansorb миттєво вбирає і інкапсулює (укладає в капсули) поглинені вуглеводні, а також пригнічує летючі і горючі пари.

Сорбент проводиться з торф'яного сфагнового моху (Sphagnum Peat Moss) компанією "HI POINT INDUSTRIES" - Ньюфаундленд Канада. Компанія "ТІЕТ" ексклюзивний офіційний дистриб'ютор сорбенту нафти і нафтопродуктів Oclansorb в Росії і країнах Митного Союзу. У таблиці 3.3 Представлені характеристики сорбента OCLANSORB

Таблиця 3.3 Основні характеристики біорозкладного сорбенту OCLANSORB[11]

Назва показника	Значення
Склад	Торф'яної сфагновий мох
Органічні речовини, % за масою	не менш 85
Зольність, % до органічних речовин	13 - 14
Влажність, % за масою	не більш 6
Насипна щільність, кг/м <sup>3</sup> ,	275 - 285
Об'ємна сорбційна ємність, м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup> , за нафтою	2,8
Швидкість абсорбції:	
- бензин	2 сек.
- дизельно паливо	5 сек.
- масло	до 30 сек.
- нафта товарна	до 90 сек.
Плавуність, сутки	не менше 10
Колір	светло-коричневый
Пакування мішок, кг	12

Призначення сорбенту Oclansorb і область застосування[11]:

- Експрес-поглинання і фіксація нафти, масел, мазуту та інших рідких забруднювачів вуглеводневої природи, на суші і на поверхнях водойм;
- Створення буферної (захисної) зони біля узбережжя і пляжів для запобігання забруднення нафтопродуктами, що викидаються на узбережжі;
- Очищення забрудненої поверхні пірсів, скель, резервуарів, засмальцьованих приміщень і а також видалення нафтопродуктів з інших поверхонь;
- Видалення масляної (райдужної) плівки з водної поверхні;
- Рекультивация територій забруднених нафтопродуктами;
- Зв'язування нафтопродуктів для запобігання попадання в ґрунтові води.

Переваги сорбенту:

- Не токсичний, виготовлений з натуральної сировини за спеціальною технологією;
- Не містить патогенних мікроорганізмів;

- Чи не порушує екологічної рівноваги в екосистемах, не робить негативного впливу на біотики і не призводить до мутагенезу;

- Чи не робить негативного впливу на навколишнє середовище, поглинені нафтопродукти, повністю утримуються сорбентом, що дозволяє безпечно утилізувати відпрацьовані сорбенти;

- Має високу гідрофобність, не змочується і не розчиняється у воді швидко розподіляючись по поверхні забруднення. При контакті з нафтопродуктами пов'язує і необоротно вбирає, запобігаючи поширенню забруднення;

- Плавучість не менше 10 діб, в разі осадження на дно, поглинені сорбентом нафтопродукти містяться всередині частинок сорбенту в капсульованому вигляді і поступово розкладаються;

- Чи не абразивний при використанні не зашкодить пластикових, металевих або інших покриттів;

- Легкий і зручний для транспортування зберігання та використання;

- Застосовуватися як за допомогою механічних засобів, так і вручну;

Утилізація сорбенту і конгломерату[11]:

- спалюванням, з метою отримання теплової енергії на діючих енергетичних установках без їх переобладнання;

- в якості пластифікуючого компонента при виробництві дорожніх покриттів;

- в якості компонента для виробництва протифільтраційних екранів;

- захороненням на звалищі;

Універсальний гранульований сорбент. Термін придатності при дотриманні умов зберігання - необмежений.

### 3.2.3 Органомінеральний сорбент нафтопродуктів ЕКОЛАН[13]

На рисунку 3.2 представлений органомінеральний сорбент нафтопродуктів ЕКОЛАН



Рисунок 3.2 Органомінеральний сорбент нафтопродуктів ЕКОЛАН[14]

Високоєфективний нефтесорбент - являє собою органо полідисперсний порошок з високо розвинутою питомою поверхнею.

Застосовується для швидкої та ефективної ліквідації аварійних розливів нафти і нафтопродуктів з поверхні відкритих водойм, ґрунту, ґрунтів, асфальту, бетону в широкому діапазоні температур з наступним біорозкладання (біодеградації) при похованні в ґрунт і перетворенням в гумус. В таблиці 3 представлено характеристики сорбенту нафтопродуктів ЕКОЛАН.

Таблиця 3.4 основні характеристики органомінерального сорбенту нафтопродуктів ЕКОЛАН[13]

Наименование показателя	Од. вимірювання	Показник
Зміст продукту піролізу деревини	%	більше 95
Насипна маса	г/л	220
Вміст вологи	%	не більше 5
Розмір часток менш 1 мм	%	15
Размер часток 1 - 3 мм	%	70
Размер часток більш 3 мм	%	15
Сорбційна ємність сорбент/нафта	г/г	3 - 5
Водопоглинання	г/г	0,05
рН водної витяжки	-	4,8
Плавуність	ч	більше 48

#### 3.2.4 Олеофільний сорбент нафтопродуктів OL-EX CUBE.[15]

На рисунку 3.3 продемонстрований олеофільний сорбент нафтопродуктів OL-EX CUBE.



Рисунок 3.3 Олеофільний сорбент нафтопродуктів OL-EX CUBE.[16]

Поліуретановий гідрофобний сорбент OL-EX CUBE - абсорбуючі кубики. Застосовується для ліквідації розливів нафтопродуктів (бензин, дизельне паливо, моторних масел, жирів, органічних розчинників і інших вуглеводень містять речовин) в широкому діапазоні температур, при ліквідації забруднень на в водоймах зі стоячою і проточною водою.

Застосовується самостійно як гідрофобний сорбент так і в якості фільтруючого сорбируючого матеріалу в якості завантаження фільтруючих касет і фільтруючих елементів, установок і станцій для очищення стоків містять нафтопродукти. В таблиці 3.4 представлено основні характеристики сорбенту OL-EX CUBE

Переваги сорбенту[15]:

- Сорбент не вбирає воду.
- Висока сорбційна ємність.
- Сорбент не розноситься вітром і має високу швидкість абсорбції.
- Легко збирається з будь-яких водних поверхонь.
- Сорбент при використанні, транспортуванні і зберіганні не представляє небезпеки для навколишнього середовища.

Термін придатності при дотриманні умов зберігання - необмежений.

Таблиця 3.4 Основні характеристики поліуретанового гідрофобного сорбенту OL-EX CUBE [15]

Назва показника	Значення
Состав	поліуретан
Розмір, см	5 x 5
Насипна щільність, кг/м <sup>3</sup> ,	328 ± 10%
Маслоємність: 1 литр сорбенту поглинає: 1 литр сорбенту поглинає: 1 кг сорбенту поглинає: 1 кг сорбенту поглинає:	297 % 0,34 л 1,028 л 0,848 кг
Сорбційна ємність пакування	34 л
Колір	чорний / сірий
Пакування, мішок, кг	10 кг

Переглянувши сорбенти різних марок, та призначення автори дійшли висновку, що існує дуже багато різних сорбентів для локалізації розливів небезпечної речовини в ґрунті. Для демонстрації їх можливостей виробники використовують дуже багато різних показників. Для кращого розуміння у таблиці 3.5 ми привели порівняння різних сорбентів за основними та узагальненими характеристиками на думку авторів, які демонструють якісні характеристики тих чи інших сорбентів представлених у таблиці.

Табл.3.5 Порівнювальні характеристики різних видів сорбентів

Параметр	СІ	Торф'яної сорбент СОНЕТ-РОРБ	Біорозкладаний сорбент OCLANSOR В	Органомінеральний сорбент нафтопродуктів ЕКОЛАН	Олеофільний сорбент нафтопродуктів OL-EX CUBE
1. Склад	-	торф	торф'яний сфагновий мох	органомінеральний полідисперсний порошок	поліуретан
2. Міцність гранул на стирання,	%	68	70	71	73
3. Насипна щільність,	г/дм <sup>3</sup>	440-450	275 - 285	220	328
4. Вологість, за масою	%	13	6	5	-
5. Ефективність очищення	%	90	95	93	97
6. Зольність	%	13-14	13-14	5	-
7.Пакування, мішок	кг	20	12	-	10

Проаналізувавши таблицю 3.5 та раніше зроблений огляд існуючих сорбентів було зроблено висновки, що сорбенти в основному використовують для ліквідації розливів нафти та нафтопродуктів, а універсального засобу який би ліквідував розлив речовин 3,5 та 8-го класів небезпеки. Саме тому авторами підкреслюється необхідність вироблення та використання універсального сорбенту у якості засобу для ліквідації наслідків аварій під час перевезення небезпечних вантажів, тому що як видно в таблиці немає універсального сорбенту який би підходив для багатьох класів небезпечних вантажів.

### 3.3 Аналіз сучасних варіантів використання сорбційних матеріалів.

Використовувати сорбент можна у різному вигляді. Перший варіант це використання його у вигляді дрібнозернистої фракції. Другий варіант це завантаження вугілля, у спеціальні мішки, з фільтрувального матеріалу для виготовлення або сорбційних бонів, або сорбційних матів, чи сорбційних подушок.

#### 3.3.1 Сорбційні патрони

В рамках технології[17] пропонується накопичувати сорбенти у вигляді гнучких сорбційних патронів. Конструктивно (рис. 3.4) вони подібні примітивним сорбційним бонам, які широко застосовують для збору розливів нафтопродуктів з водної поверхні.

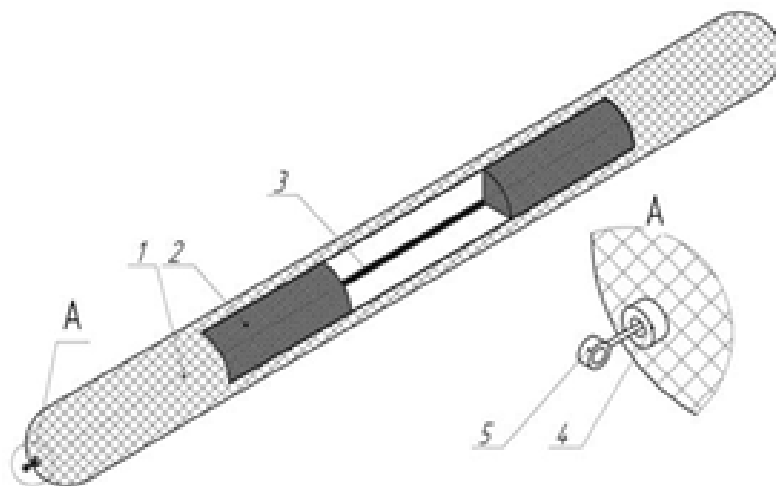


Рисунок 3.4 Прототип сорбційного патрону збору розливів небезпечної речовини.[17]

- 1 - мішок з металевою або полімерної сітки, 2 - сорбент, 3 - внутрішній стрижень, 4 - затиск для фіксації мішка, 5 - маніпуляційні кільця

Застосування сорбційних патронів, представлених на рис. 3.4 дозволяє вирішити ряд завдань, які пред'являються до технологій по локалізації та збору розливів небезпечних вантажів на залізничному транспорті. Серед них найбільш важливі:

- конструкція сорбційної патрона підтримує сорбцію небезпечного вантажу з поверхні ґрунту або з його шару;

- гнучка структура дозволяє використовувати сорбційні патрони в якості переносних бар'єрів для поширення розтікання небезпечного вантажу по поверхні землі;

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

- сорбент, обмежений мішком, знаходиться в мобільному стані, що значно спрощує процес його збору після насичення;

- цільове застосування сорбційних Патрони передбачає застосування спеціальних підйомно-транспортних машин.

- конструкція сорбційної патрона дозволяє застосовувати будь-які сипкі або волокнисті матеріали, які демонструють сорбційні властивості по відношенню до небезпечного вантажу.

В якості сорбентів для накопичення можна використовувати промислові зразки сорбентів, природні матеріали або відходи різних виробництв. Останні рекомендуються нами для превентивного накопичення. Це рішення обумовлене не тільки екологічними та економічними факторами, значимість яких в рамках поставленого завдання очевидна. До більшості промислових високо-ефективних сорбентів небезпечних вантажів висуваються значні вимоги [18, 19, 20] за умовами зберігання і транспортування, ізоляція від насичення гігроскопической вологою зокрема. З технологічної точки зору застосування сорбентів на основі відходів є більш раціональним. У роботах [21, 22] відзначається, що вимоги щодо застосування, зберігання і транспортування сорбентів на основі промислових відходів або їх композицій у більшою мірою відповідають фактичним умовам

перевезень на транспорті. Отже, даний вибір виправданий з технологічної та економічної точок зору.

### 3.3.2 Сорбційні мати[23]

Сорбційні мати [23]являють собою багатошаровий композитний матеріал, готовий для самостійного застосування на залізничних коліях, відкритих трансформаторних майданчиках, на територіях сховищ і всередині приміщень складських комплексів.

Верхній посилений шар забезпечує надійний захист від механічних пошкоджень. Стійкість до УФ випромінювання дозволяє використовувати сорбційні мати як всередині приміщень, так і на вулиці. Верхній шар забарвлений в чорний колір, що дозволяє приховати поглинені нафтопродукти і зберегти естетичний зовнішній вигляд. Непроникний шар запобігає від наскрізного протікання нафтопродуктів зберігаючи поверхні чистими. Сорбційні мати - не вбирає воду.

Призначений для затримки, постійного або довготривалого поглинання нафти і нафтопродуктів (бензин, дизельне паливо, моторних масел, жирів, органічних розчинників і інших вуглеводень містять речовин). Зберігає свої сорбційні властивості в широкому діапазоні температури навколишнього середовища.

Сорбційний мат представляє собою багатошаровій композитний матеріал, готов для самостійного! Застосування на залізничних коліях, відкритих трансформаторних майданчиках, на територіях сховища та всередині приміщень складських комплексів. [23]

Верхній посилений куля Забезпечує надійний захист від механічних пошкоджень. Стійкість до УФ випромінювання дозволяє використовуват сорбційні мати як Всередині приміщень, так и на вулиці. Верхній шар забарвлений в чорний колір, що дозволяє приховані поглинені нафтопродукти и Зберегти естетичний Зовнішній вигляд. Непроникаюча куля запобігає від наскрізного протікання нафтопродуктів зберігаючи поверхні чистими. Сорбційний мат - не вбирає воду.

Призначення для затримки, постійного або довготривалого поглинання нафти та нафтопродуктів (бензин, дизельне паливо, моторних масел, жирів, органічних розчиників и других вуглеводень містять Речовини). Зберігає свої сорбційні Властивості в широкому діапазоні температур навколишнього середовища.

Вогнетривка та негорюча тканина: види матеріалів і характеристики серед величезної кількості видів текстильних матеріалів, використовуваних не тільки для пошиття одягу, предметів інтер'єру, але і в різних галузях промислового виробництва, в будівництві, існує група тканин, які відносять до негорючих виробів.

До таких матеріалів перш за все відноситься давно відома, що використовується при температурі до 500 °С, негорюча азбестова тканина. Продукція, що виготовляється на основі природного шаруватого мінералу азбесту вона не містить горючих органічних речовин, тому в повному розумінні слова є негорючою. [23]

Другий варіант тканин, з яких виготовляється вогнетривка спецодяг для зварювання, захисні костюми для роботи в гарячих цехах - це натуральні матеріали високої щільності, виготовлені з бавовни, льону. Наприклад, брезентовий тканина, додаткову стійкість до безпосереднього контакту з відкритим вогнем, високотемпературного теплового впливу якої надає вогнезахисна просочення різними видами антипиренів.

Ця тканина за своїми властивостями вогнестійка, так як здатна невеликий період чинити опір полум'я, високій температурі, що дозволяє надійно захистити людину, одягненого в спецодяг, виготовлену з неї, в зоні прямого контакту з негативними факторами впливу. Крім цих найбільш відомих прикладів, існує багато інших видів як негорючих, так і вогнестійких текстильних матеріалів, що використовуються в самих різних областях діяльності.

Види і характеристики[23]:

Залежно від компонента, що є основою для виробництва негорючих або вогнестійких тканинних матеріалів, розрізняють наступні види тканин:

-Кремнеземні названі також силікатними, кварцовими. Їх виготовляють з  $\text{SiO}_2$  - кремнезему (діоксиду кремнію), кварцу, інших силікатів. Такі матеріали стійко працюють до температури  $1250\text{ }^\circ\text{C}$ , руйнуючись тільки вище  $1700\text{ }^\circ\text{C}$ . Мають низьким коефіцієнтом теплопровідності, високими електроізоляційними властивостями, екологічно безпечні.

-Склотканини це матеріали, що витримують короткочасний нагрів до  $700\text{ }^\circ\text{C}$ , різке охолодження до  $-200\text{ }^\circ\text{C}$ , постійно експлуатуються при температурах до  $550\text{ }^\circ\text{C}$ . Відмінні характеристики - невелика вага, висока міцність на розрив, низький коефіцієнт лінійного розширення, діелектричні властивості; стійкість до впливу ультрафіолету, вологи, мікроорганізмів.

-Базальтові виготовляються з волокон базальту методом його розплаву. Витримують температурний вплив до  $700\text{ }^\circ\text{C}$ . Проводять також нетканий вогнезахисний базальтовий матеріал, який використовується для конструктивної вогнезахисту металевих конструкцій, заповнення прорізів у протипожежних перешкодах.

Область застосування з скловолокнистих, азбестових тканин виготовляють протипожежні полотна кошми, що є ефективним підручним засобом гасіння невеликих за площею осередків займання на пожежонебезпечних виробництвах, в ході проведення вогневих робіт. Кремнеземні, базальтові тканини, неткані матеріали застосовують:

Для теплоізоляції теплогенеруючих агрегатів, трубопроводів, в тому числі транспортують горючі рідини. Наприклад, для труби подачі топкового мазуту в котел теплової електростанції.

Для потокової фільтрації, як заповнення вогнеперепинювачів при транспортуванні горючих рідин. Як вогнестійких теплових екранів в металургійних цехах, газоелектрозварювальних виробничих ділянках. При виробництві рулонних протипожежних штор, екранів, завіс. У будівництві, в якості негорючих повітропроникних мембран, покриттів утеплювачів перекриттів; вітрозахисту, пароізоляції дахів, фасадів будівель.

Арамідні, вуглеводневі тканини, будучи менш стійкими до вогню, більш дорогими у порівнянні з кремнеземистого, базальтовими скловолоконними

матеріалами, рідше, але також використовуються як вставки, елементи при виробництві спецодягу, в технічних виробничих цілях.

Також сорбційні мати можуть бути з волокнистої тканини, наприклад геотекстилю або геоткань( волокнисте полотно).

Геотекстиль - один з видів геосинтетиків; геоткань (ткане полотно), а також неткане полотно, що виготовляються голкопробивним, Термоскріплення (каландрирование) або гідроскріпленнями способами з поліпропіленових або поліефірних ниток - з однієї нескінченної нитки (мононитка), або з обрізків 5-10 см (штапель). Сумішеві волокна мають на увазі включення напіввовняних або бавовняних ниток. [23]

3.4 Технологія виготовлення універсального сорбенту з композитних матеріалів.

3.4.1 Стислий огляд сучасних практик карбонізації сировини рослинного походження

Активні (активовані) вугілля є одним з типів промислових сорбентів. Пориста структура активних вугілля і розвинена поверхню обумовлюють наявність адсорбційних властивостей. За класифікацією М. М. Дубініна, прийнятої в 1972 р ІУРАС в якості офіційної, все пори вуглецевих адсорбентів можна розділити на три групи за величиною ефективного розміру.

Ефективний розмір - діаметр найбільшої окружності, яка може бути вписана у плоский перетин пори довільної форми (тобто діаметр циліндричної пори або відстань між стінками в щелевидній порі тощо.). Пори з ефективним розміром  $d_{ef} < 2$  нм називають мікропорами, в діапазоні 2 нм  $d_{ef}$  50 нм - мезопорах і  $d_{ef} > 50$  нм - макропори. Ця класифікація базується на особливостях адсорбції в порах різного розміру, які проявляється на ізотермах і в теплотах адсорбції. Величина питомої поверхні активованого вугілля становить від 400 м<sup>2</sup>/г до 2500 м<sup>2</sup>/г [24].

Активний вугілля - єдиний промисловий сорбент, що володіє неполярною поверхнею. Він добре адсорбує органічні, в тому числі неполярні речовини, наприклад: розчинники (вуглеводні, їх галогенопохідні, прості і складні ефіри тощо), барвники, нафтопродукти, тощо.

Активні вугілля в основному застосовуються для таких цілей[24]:

- очищення питних і стічних вод;
- рафінування цукру;
- очищення газів і рекуперації розчинників;
- отримання медикаментів;
- очищення спирту та вина;
- поділу газових сумішей;
- виробництва каталізаторів;
- одержання особливо чистих хімічних речовин;
- в системах захисту органів дихання.

Основна характеристика активних вугілля – це адсорбційні властивості, які визначаються їх текстурою, а також природою поверхневих функціональних груп. Крім адсорбційних властивостей, також важливу роль відіграють їх механічні властивості, в першу чергу - механічна міцність і гранулометричний склад.

Механічна міцність характеризує здатність активного вугілля чинити опір руйнуванню (стирання, дробленню) під впливом зовнішніх навантажень. Від гранулометричного складу залежить гідравлічний опір шару сорбенту, його поведінка в адсорберах киплячого шару. У сукупності ці два показники виділяють експлуатаційних стабільність газу і гідродинамічних характеристик адсорбційних апаратів, в яких застосовується активоване вугілля.

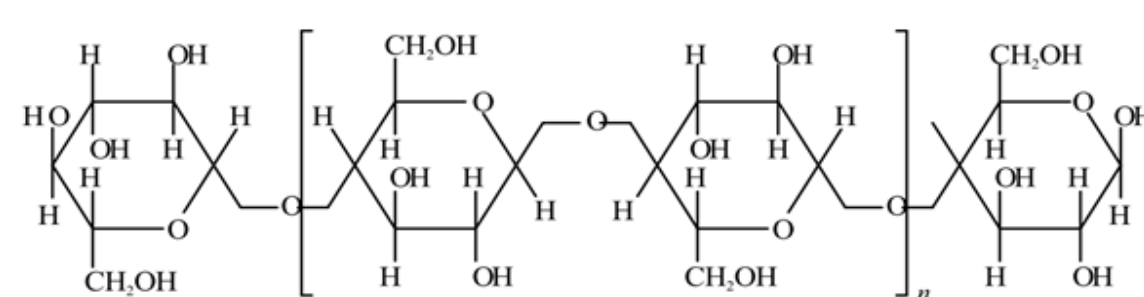
Високою механічною міцністю при отриманні деревного вугілля домагаються користуванням в якості сировини твердої деревини - шкаралупи горіхів, фруктових кісточок, дерева твердих порід. Так, для отримання активного вугілля високої міцності широко використовується шкаралупа кокосового горіха [69,70].

Одним з нових перспективних напрямків науково-дослідницької діяльності можна позначити розробку технології отримання конкурентоспроможних активованого вугілля на основі природних вуглець матеріалів, в тому числі відходів виробництва.

Так, наприклад, у Сибірському ж регіоні перспективною сировиною для виробництва сорбенту, аналогічного за своєю текстурою сорбенту на основі кокосової, може бути шкаралупа кедрового і маньчжурського горіхів.

Дослідники у галузі [25,26,27,28] наголошують, що біомаса рослинного походження (деревина зокрема) у загальному випадку складається з целюлози (40...50 % ваг.), лігніну (16...33 % ваг.), геміцелюлоз (15...30 % ваг.), інших органічних речовин та неорганічних добавок .

Біомаса рослинного походження (деревина зокрема) у загальному випадку складається з целюлози (40...50 % ваг.), лігніну (16...33 % ваг.), геміцелюлоз (15...30 % ваг.), інших органічних речовин та неорганічних добавок [29]. Целюлоза – лінійний полісахарид, який складається з ланок  $C_6H_{10}O_5$  та має таку структуру:



Геміцелюлоза – це розгалужений полісахарид, яких здебільшого складається з ланок  $C_5H_8O_4$ . Лігнін не відносять до карбогідратних полімерів [29]. Вважається, що ароматична структура лігніну складається з комбінації феніл пропанових одиниць, які зв'язані між собою за ефірними та вуглець-вуглець зв'язками.

Карбонізація (піроліз за своєю суттю) – найбільш поширений метод отримання вугілля та вуглецевих сорбентів. Дослідники у галузі [30,31,32,33,29,25,] вважають, що під час карбонізації рослинної сировини супроводжується паралельними процесами дегідратації з утворенням вугілля та полімеризації з утворенням різноманітних смол через левоглюкозан. У спрощеному вигляді процеси карбонізації рослинної сировини представлені на рис. 3.1.

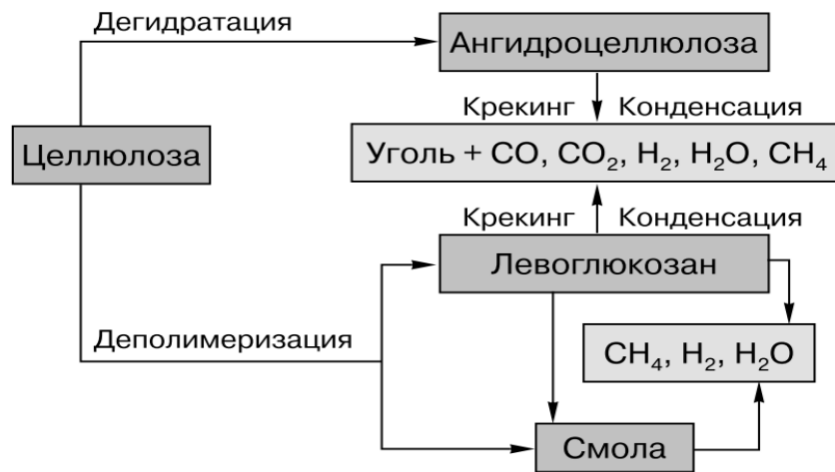


Рисунок 3.5 – Схема паралельних хімічних процесів карбонізації рослинної сировини [36]

У більш складному приближенні дослідники [24,25] класифікують процес карбонізації за трьома стадіями, які повною мірою описують хімізм карбонізації:

– карбонізація в інтервалі температур від 150 °С до 300 °С: супроводжується розпадом основних складових геміцелюлоз (пентозанов) з виділенням у газову фазу води, кисень-вмістких газів, мурашиної та оцтової кислоти, фурфуролу;

– карбонізація в інтервалі температур від 325 °С до 375 °С: супроводжується розпадом кристалічної целюлози та лігніну з утворенням води, вугілля, вуглекислого газу, метанолу та фенольних продуктів;

– карбонізація в інтервалі температур від 400 °С до 650 °С: супроводжується складними піролітичними процесами, в результаті яких виникає розрив аліфатичних та ациклічних зв'язків сполук сировини з одночасними вторинними реакціями рекомбінації з утворенням напівкоксу;

– карбонізація в інтервалі температур від 650 °С до 900 °С: остаточна карбонізація сировини, яка супроводжується процесами поліконденсації з втратою кисню, водню, азоту та сірки.

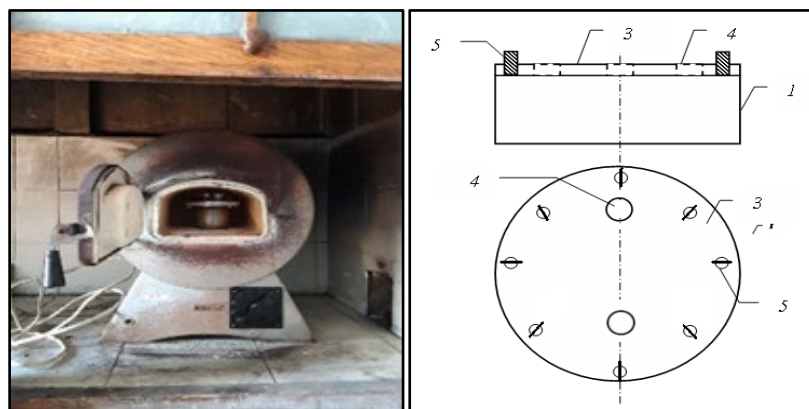
Остаточна карбонізація рослинної сировини настає при температурі обробки у діапазоні від 800 °С до 950 °С [20,27,26].

Традиційно процес виробництва активного вугілля складається з двох стадій: піролізу (карбонізації) і активації. Процес активації здійснюється хімічними і парогазовими методами. Хімічні методи полягають в прожаренні сировини в присутності неорганічного активатора ( $ZnCl_2$ ,  $H_3PO_4$  тощо.). У процесі хімічного активування отримують вугілля з високою активністю, але забруднене різними неорганічними домішками і такий продукт не може бути використаний в медичній і харчовій промисловості. Парогазові методи дають чистий продукт, який не потребує додаткової обробки, але при цьому зменшується вихід активного вугілля. Активують агентами можуть бути: інертні гази, діоксид вуглецю, повітря, водяна пара та ін.

Цікавим є можливість суміщення стадій піролізу та активації по тривалості процесів в одному апараті [37], що має явні переваги з економічної точки зору в порівнянні з класичними методами.

#### 3.4.2 Загальна постановка експерименту карбонізації (методи та матеріали)

Процес карбонізації відходів виконували у оригінальній установці, принципова схема якої наведена на рис. 3.2. Установка (рис. 3.2) дозволяє проводити карбонізацію рослинних відходів в лабораторних умовах коксування без використання спеціального обладнання та інертного середовища. Зворотні клапани, встановлені на кришці обмежують доступ кисню у зоні карбонізації та не перешкоджають видаленню газоподібних продуктів.



а)

б)

Рисунок 3.6– Форма для карбонізації відходів:

а) вигляд на живо, б) Принципова схем установки

1 – циліндрична форма, 2 – простір для розміщення відходів, зона карбонізації, 3 – кришка форми, 4 – отвори зі зворотними клапанами для видалення продуктів карбонізації, 5 – болти фіксації кришки форми

Дослідники у галузі [20] стверджують, що ця лабораторна установка здатна імітувати технологічні процеси карбонізації у промисловій шнековій печі. Карбонізація була організована у муфельній печі в умовах коксування при постійній температурі від 100 °С до 500 °С з шагом 50 °С, час карбонізації зразків відходів складав 30 хвилин. Після отримання сорбенту приступаємо до другої частини експерименту, а саме визначення якісних та кількісних показників отриманого нами сорбенту.

3.4.3 Промислова технологія виготовлення універсального сорбенту з композитних матеріалів [36].

Так як планується виготовлення універсального сорбенту з різних за структурою, щільністю та багато інших характеристиками при виробленні сорбенту потрібно враховувати їх характеристики.

При переробці деревних відходів методом піролізу отримують деревне вугілля, що є цінною сировиною для різних виробництв і користується стійким попитом, як в Україні, так і за кордоном, що знаходить застосування в побуті, хімічній, металургійній, медичній та інших промисловостях. При подальшій переробці Жижки, продукту конденсації парової суміші отримують компоненти, використовувані у виробництві дьогтю і ветеринарного препарату ПЯ (протиящурного), коптильні препарати для холодного і гарячого копчення м'ясних, молочних і рибних продуктів, смоли деревно-омиленої, а також деревно-смоляна, креозотові масла, що відрізняються антисептичними властивостями і використовуються для антисептичної обробки юхтових шкір на шкіряних заводах замість токсичного оксидифеніл, і багато інших з'єднань. Неконденсуючі гази можна використовувати як для проведення самого процесу піролізу, так і для отримання дешевої енергії при його спалюванні.

Однак існуючі технології по проведення процесу піролізу не відповідають технічним вимогам, таким як якість одержуваного вугілля, тривалість процесу, улов газоподібних продуктів і розраховані в основному на експлуатацію на

великих деревообробних підприємствах. Розроблена установка забезпечує переробку довгомірних і короткомірних відходів лісозаготівель і деревообробки в деревне вугілля. Висока продуктивність, мала трудомісткість і низькі витрати на експлуатацію установки забезпечують дешевизну вугілля і швидку окупність установки. При роботі піролізної установки використовуються найбільш оптимальні температурні методи проведення процесу вуглевипалювання. передбачена можливість регулювання режимних параметрів і зміни кількості, складу одержуваних продуктів і підтримки оптимальних умов термічного розкладання деревини, що не тільки скорочує тривалість процесу і знижує витрати на його проведення, а й забезпечує високу якість деревного вугілля за рахунок раціонального розподілу тепла всередині камери піролізу і дозволяє змінювати виходи кінцевих продуктів.

Надлишки тепла, що утворюються при роботі установки, йдуть на підсушування сировини для піролізу в сушильну камеру. Установка являє собою послідовно з'єднані модулі: углевижигательную піч, що складається з камери піролізу 1 і контейнера 2, топку, виконану в вигляді послідовно з'єднаних газогенератора 3 і камери згоряння 4, систему конденсації і охолодження парогазової суміші, що складається з конденсатора 5, збірника конденсату 6, і повітродувки 7, а також камеру сушіння 8, використовуваної для підсушування піролізної сировини (Рис.3.7).

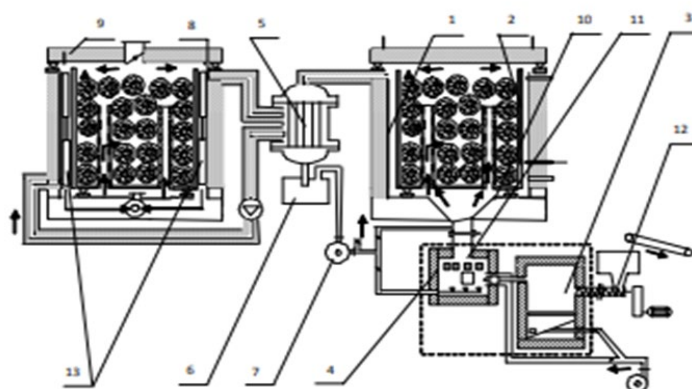


Рисунок 3.7 Установка для пірогенетичної переробки деревних відходів[36].

Корпуси камер піролізу (рис. 3.7) і сушіння (рис. 3.8) забезпечені теплоізоляцією 9 для запобігання теплових втрат. Перфоровані колектора 10,

закріплені до нижньої частини контейнера, з'єднаного за допомогою ущільнювача вузла, з газоходів топки 11 обладнаним шиберною засувкою. Камера піролізу і камера сушки закриваються зверху кришками через ущільнювальні вузли. Газогенератор забезпечений шнеком 12 з електроприводом, бункером відходів і стрічковим конвеєром. Газогенератор трубопроводом з'єднаний з камерою згоряння, забезпеченою для стабілізації полум'я турбулізаторами і складається з основної газової пальники і пальники дожига неконденсуючий пірогазу. До газогенератор і камері згоряння нагнітаючими трубопроводами, забезпеченими засувками, приєднана повітродувки. Камера піролізу у верхній частині трубопроводом сполучається з системою конденсації, що включає охолоджувач парогазової суміші і збірник конденсату, з'єднаний трубопроводом з повітродувкою (рис. 3.9). Трубопровід з'єднаний через засувки з камерою згоряння, газоходів і через засувку з атмосферою. міжтрубний простір охолоджувача трубопроводами з теплоізоляцією пов'язане з калориферами камери сушіння. Камера піролізу має ряд технологічних отворів для установки термопар, і металевого щупа, для контролю готовності вугілля. В неробочому стані отвори закривають різьбовими пробками. Камера сушіння являє собою конструкцію, аналогічну камері піролізу, додатково забезпечену калориферами 13, повітродувкою і люком для осушення повітря. Процес отримання деревного вугілля в установці здійснюється наступним чином. контейнер з попередньо підсушеної деревиною завантажують в камеру піролізу і закривають кришкою. Інший контейнер з необробленою деревиною поміщають в камеру сушіння[36].

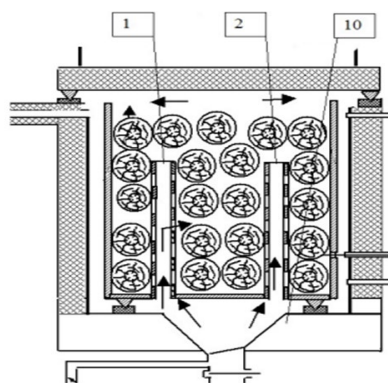


Рис. 3.8 Камера піролізу[36].

Неліквідні відходи деревообробки, завантажуються в бункер стрічковим конвеєром і шнеком подаються в необхідному кількості в газогенератор. Чи

включається повітродувки, запускається газогенератор і починається процес газогенерації. Генераторний газ, що виробляється газогенератором, надходить в камеру згоряння. Здійснюється підпалів основний пальники камери згоряння і відкривається засувка нагнітального трубопроводу, що подає повітря в камеру згоряння[36].

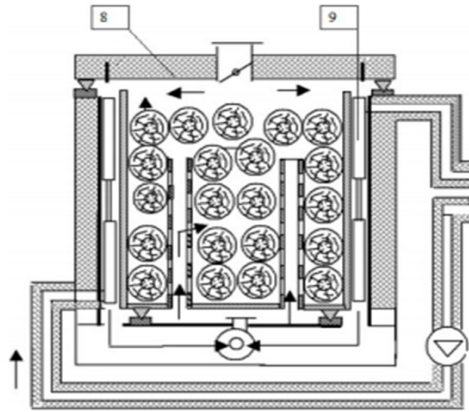


Рис. 3.9 Камера сушіння[36].

Топкові гази, проходячи через газохід і перфоровані колектори, розподіляються по всій площі камери піролізу, рівномірно обігриваючи Піролізне сировину, і охолоджуючись, викидаються в атмосферу. Початкова стадія процесу переугливання йде з поглинанням тепла, що виділяється піччю. Після того як деревина розігріється до температури 120- 150 ° С, відбувається втрата зв'язаної вологи і починається процес розкладання менш стійких органічних речовин з утворенням вуглекислого газу, окису вуглецю і оцтової кислоти. Далі нагрівання деревини до температури 150-275 ° С викликає процес переугливання. Неконденсуючі гази подаються на допал в камеру згоряння[36].

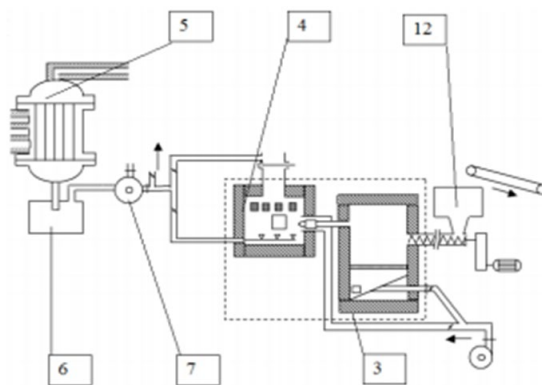


Рис. 3.10 Блок топки і конденсації[36].

Хід процесу переугливання контролюється по температурі у верхній і нижній частинах камери піролізу, вимірюваної термопарами. При температурі

275-450 °С відбувається бурхливий виділення тепла, і освіту основного кількості продуктів розкладання. Прожарювання вугілля і видалення летких речовин відбувається при температурі 450-550 ° С. Готовність вугілля визначається промацуванням продуктів переугливання в камері металевим щупом через отвори в нижній частині корпусу камери піролізу і в контейнері за величиною опору проколювання. Протягом всіх стадій процесу переугливання деревини суміш парів конденсується в кожухотрубчасті теплообмінник і збирається в збірник. Теплоносій з сорочки теплообмінника за допомогою насоса подається в калорифери сушильної камери або відводиться споживачеві[36].

Після закінчення процесу піролізу починається процес охолодження деревного вугілля. Пірогазу, проходячи через кожухотрубчасті теплообмінник, охолоджуються і подаються по трубопроводу в газохід топки, де розсіюючись через перфоровані колектори, піднімаються вгору, і, проходячи через шар готового вугілля, інтенсивно охолоджують його до 50 ° С.

Після закінчення процесу охолодження витягуються термопари. потім тельфером відкривається кришка і здійснюється вивантаження контейнера, вугілля з контейнера і установка в камеру піролізу контейнера з підсушеним сировиною, а в камеру сушки - контейнера з підготовленим для сушіння сировиною. Завдяки використанню контейнера з перфорованими колекторами, забезпечується раціональна структура руху топкового газу всередині камери піролізу і рівномірний нагрів всього обсягу деревини, що дозволяє забезпечити стабільну якість продукту. Крім того, в установці здійснюється збір рідких і утилізація газоподібних продуктів піролізу. Використання тепла піролізу в суміжній сушильній камері сприяє зменшенню часу витраченого на сушку, забезпечується безперервність процесу (піроліз-сушка); інтенсифікація процесу охолодження з використанням конденсатора дозволяє значно скоротити час, витрачений на охолодження вугілля, що в значній мірі дозволяє скоротити тривалість технологічного процесу в цілому. Топковий газ, що отримується з генераторного газу, що виробляється в газогенераторе, містить мінімальна кількість шкідливих речовин, і значно зменшує викиди в атмосферу. Використання газогенератора дозволяє переробляти неліквідне сировину від

деревообробки і лісопиляння, а також деревесно-вугільного дрібниця, неминуче утвориться в процесі отримання деревного вугілля. Всі блоки є пересувними і можуть перевозитися залізничним і автомобільним транспортом до місця експлуатації. Установа може експлуатуватися на "нижніх" і "верхніх" складах лісопромислових підприємств, так як не вимагає спеціальної дорогої підготовки ділянки, на якому буде встановлюватися. Таким чином, в даній установці досягається більший відсоток виходу вугілля і краща якість за порівняно з аналогічними пристроями за рахунок забезпечення ідентичних умов процесу у всіх частинах камери і скорочення часу процесу сушки[36].

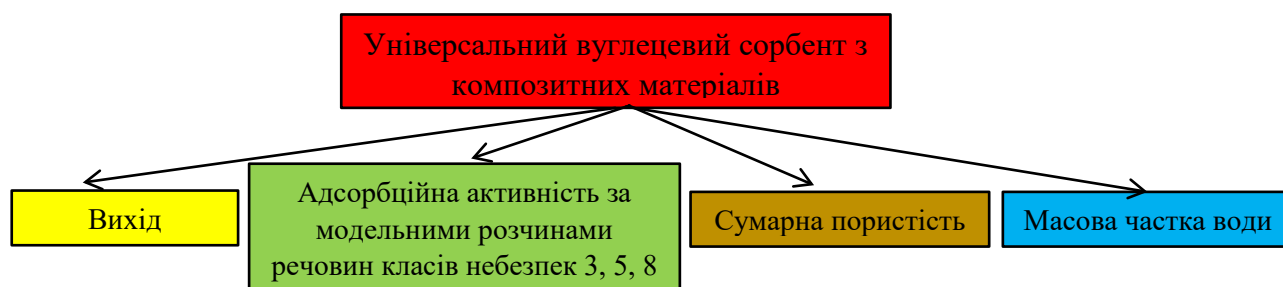
## 4. РОЗРОБКА УНІВЕРСАЛЬНОГО СОРБЕНТУ ТА МЕТОДИКИ ВИКОНАННЯ ВИМІРЮВАНЬ КІЛЬКІСНИХ ТА ЯКІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

### 4.1 Визначення якісних та кількісних показників отриманого сорбенту.

Основна характеристика активного вугілля та вуглецевих сорбентів загалом – це адсорбційні властивості, які визначаються текстурою сорбенту та природою поверхневих функціональних груп [37].

Крім адсорбційних властивостей, також важливу роль відіграють їх механічні властивості, в першу чергу – механічна міцність та гранулометричний склад [32,37]. Переглянувши багато нормативних документів, статей, книжок, журналів, та багато іншої літератури, хочеться відзначити, що дуже мало конкретної інформації за цією тематикою, тому що, для багатьох країн світу та країн Європейського Союзу, це не є актуальним питанням, бо вони цю проблему вже вирішили, а на теренах країн бывшего радянського союзу це питання все ще залишається актуальним і не вирішеним. Тому переглянувши інформацію яку нам вдалось знайти, ми визначились з основними характеристиками, що демонструють якість сорбенту. На рис. 4.1 представлені базові критерії експлуатаційних властивостей для універсальних вуглецевих сорбентів з композитних матеріалів які використовуються дослідниками при оцінці якісних та кількісних показників сорбентів, що використовують для ліквідації наслідків аварій підчас перевезень небезпечних вантажів.

Рисунок 4.1 Базові критерії експлуатаційних властивостей для універсальних вуглецевих сорбентів з композитних матеріалів



Беззаперечно, що міждержавні стандарти та технічні умови на активоване вугілля мають ширший перелік вимог, ніж наведений у рис.4.1 Проте аналіз наукових досліджень у цій галузі свідчить, що більшість авторів, які займаються

пошуком нових сорбційних матеріалів, здебільшого спираються саме на ці показники.

#### 4.1.1 Визначення масової долі води в активованому вугіллі.

Визначення масової долі води в активному вугіллі та каталізаторах на їх основі виконували за ГОСТ 12597-67[38]. Суть методу полягає в висушуванні наважки продукту в сушильній шафі до постійної маси і визначенні зменшення маси продукту. Для визначення показників прямого вимірювання використані такі засоби вимірювальної техніки та допоміжне обладнання:

- шафа сушильна з електричним обігрівом типу СШ-150;
- термометр ртутний скляний згідно з ГОСТ 27544-87;
- лабораторні аналітичні ваги по ГОСТ 24104-88 2-го класу точності з найбільшою межею зважування 200 г;
- ексікатор по ГОСТ 25336-82 з гранульованим хлористим кальцієм або силікагелем по ГОСТ 3956-76;
- ложечки або шпатель для взяття наважок, щипці тигельні.

При підготовці до виконання визначення масової долі води в активному вугіллі та каталізаторах на їх основі виконують:

- підготовка допоміжного обладнання;
- підготовка сушильної шафи до роботи;
- підготовка аналітичних ваг до роботи.

Розрахунковим методом встановлюють масову долю води в активному вугіллі та каталізаторах на їх основі. Для проведення аналізу у стаканчик, попередньо висушений і зважений разом з кришкою, в грамах з точністю до четвертого десяткового знака беруть наважку близько 1 г зразка. Далі стаканчик з навішуванням зразка поміщають в попередньо нагрітий до 105-110°C сушильну шафу і висушують при цій температурі протягом 1 год. Потім стаканчик із зразком виймають із шафи, охолоджують в ексікаторі і зважують. Стаканчики з навішеннями зразка повинні знаходитися в сушильній шафі зі знятими кришками, а при охолодженні в ексікаторі і при зважуванні кришки повинні бути закриті.

Аналіз проводять паралельно на двох наважках. Результати зважування записують в грамах з точністю до четвертого десяткового знака. Тривалість кожної сушки вважають з того моменту, коли температура в шафі після установки стаканчиків знову досягне 105-110 °С.

Масову долю води(X) у відсотках розраховують за формулою:

$$X = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m} \cdot 100 \quad (4.1)$$

За результат аналізу приймають середнє арифметичне двох паралельних визначень, округлених до 0,1%.

4.1.2 Визначення адсорбційної активності за модельними розчинами речовин класів небезпек 3, 5, 8.

У якості модельних розчинів пропонується використовувати речовини, що більше всього перевозяться різними видами транспорту. Переглянувши статистичні дані динаміки перевезень небезпечних речовин різними видами транспорту, з'ясували, що:

Для 3 класу небезпеки – рідкі речовини що більше всього перевозяться різними видами транспорту це бензинове або дизельне пальне, авторами було обрано бензинове пальне.

Для 5 класу небезпеки – рідкі речовини що більше всього перевозяться різними видами транспорту це перекис водню( $H_2O_2$ ).

Для 8 класу небезпеки речовини що більше всього перевозяться різними видами транспорту відносяться 2 категорії луги та кислоти, саме тому у роботі було обрано 2 речовини це аміак, як представник категорії луги, та хлоридна кислота, як представник категорії кислоти.

Проведення аналізу планується за стандартизованими гравіметричними методиками.

Експериментальну частину проводять таким чином: У зважену на аналітичних вагах тару насипають 200 г висушеної землі, попередньо очищеної від різних домішок, типу каміння, коріння рослин, різного роду сміття, розтовченої у ступі. На рисунку 1 представлена одноразова тара з наважкою ґрунту, що імітує навколишнє середовище.



Рисунок 4.2 Одноразова тара з наважкою ґрунту, що імітує ґрунт як складову навколишнього середовища.

Далі виливаємо попередньо доведений до постійного об'єму та концентрації наш модельний розчин, на ґрунт імітуючи аварійну ситуацію під час якої стався розлив небезпечної речовини під час перевезення. Після чого чекаємо 30 хвилин, це приблизний час поки сорбційне полотно буде доставлене до місця розливу небезпечної речовини та готове до використання. Потім розкладаємо міні прототип сорбційного полотна, попередньо зваженого на аналітичних вагах та доведеного до постійної маси та густини. Далі придавлюємо його бутилками, банками, імітуючи катки, що зменшать відстань, між полотном та речовиною, що воно має сорбувати та допоможуть сорбційному полотну якумога більше поглинути речовину(рис.4.3), і залишаємо на годину для того щоб наше сорбційне покривало мало змогу максимально вібрати розливу небезпечну речовину.



Рисунок 4.3 Наглядна демонстрація процесу вбирання сорбційним покривалом та імітація катків для зменшення відстані від покривала до розливу за допомогою бутілок, та банок

Після того як сорбційне полотно протягом години вбирало в себе рнебезпечний вантаж, це полотно разом з небезпечним вантажем що впитався, зважують і далі за формулою 4.2 розраховуємо масу модельного розчину, що був поглинутий сорбційним покривалом.

$$m = m_{бр.сорб} - m_{ч.сорб} \quad (4.2)$$

де  $m$ -маса модельного розчину, що був поглинутий сорбційним покривалом.

$m_{бр.сорб}$ -маса сорбенту разом з поглиненою небезпечною речовиною.

$m_{ч.сорб}$ -маса чистого сорбенту до поглинання модельного розчину.

Знаючи масу модельного розчину, що був поглинутий сорбційним покривалом, за формулою 4.3 знаходимо об'єм модельного розчину

$$V = \frac{m}{\rho} \quad (4.3)$$

де  $V$ - об'єм модельного розчину.

$m$ - масу модельного розчину, що був поглинутий сорбційним покривалом.

$\rho$ -Густина модельного розчину.

Далі знаючи об'єм модельного розчину, що використовувався для імітації розливу небезпечної речовини, за формулою 4.4 знаходимо ефект очищення(W)

$$W = \frac{V_2 * 100}{V_1} \quad (4.4)$$

де  $V_1$  - об'єм модельного розчину, що використовувався для імітації розливу небезпечної речовини.

$V_2$  - об'єм модельного розчину, що був поглинутий сорбційним покривалом.

100 – модельний розчин, що імітую розлив небезпечної речовини у відсотках (%)

#### 4.3 Результати дослідження та їх критичний аналіз.

4.3.1 Результати дослідження кількісних показників процесу карбонізації кавових відходів та відходів деревини

На першому етапі дослідження було вивчено залежність виходу продукту карбонізації від температури у камері лабораторної установки (див. рис. 4.4). Результати експериментів груповані у графіку залежності  $E=f(T)$  представлені на рис. 5.1.

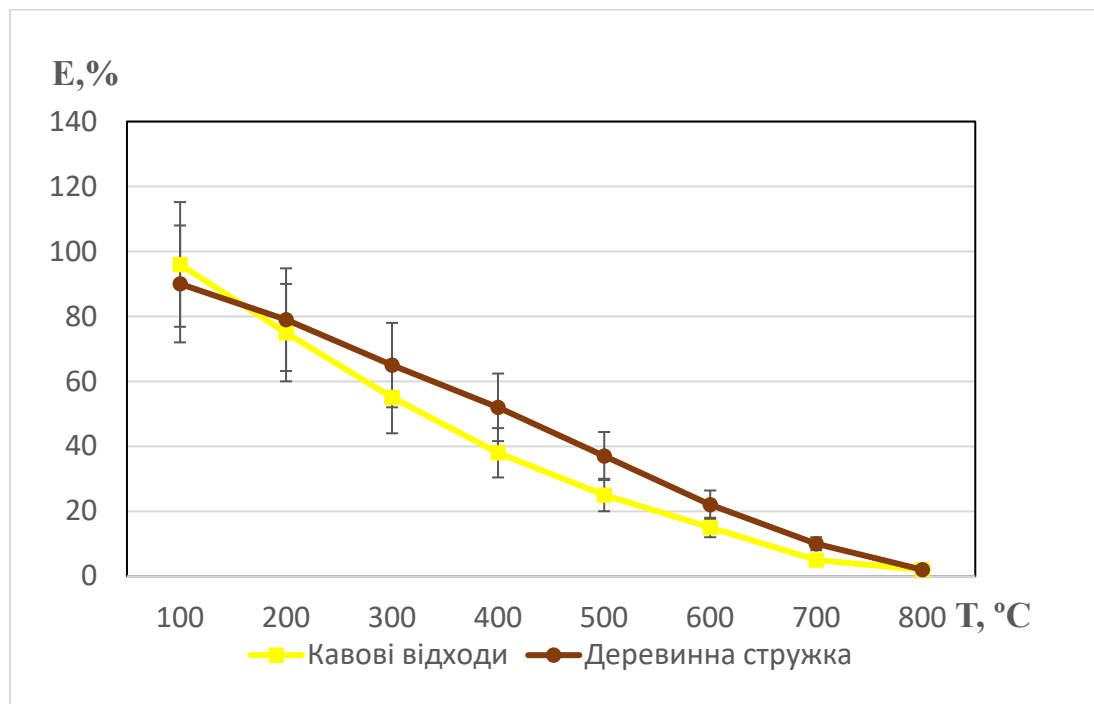


Рисунок 4.4 – Графік залежності виходу продукту карбонізації від температури камері карбонізації

Аналізуючи графік залежності  $E=f(T)$  (рис. 4.4) можна дійти висновку, що збільшення температури оброки відходів зменшує вихід продукту карбонізації за квадратичною залежністю. Вихід продукту карбонізації кавових відходів при низьких температурах сягає 50...60 %, при помірних – 30...50 %, при середніх менше від 25 %.

Вихід продукту карбонізації деревинної стружки при низьких температурах сягає 70...80 %, при помірних – 50...69 %, при середніх менше від 40 %. Створення інертного середовища (азот, аргон тощо) дозволить збільшити вихід продукту, особливо при середніх температурах карбонізації.

## 5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ ЗАПРОПОНОВАНОГО СОРБЕНТУ

### 5.1 Теоретичні основи техніко-економічних розрахунків науково- дослідних робіт

Визначення ефективності науково-технічних проєктів відноситься до числа найбільш актуальних завдань. І причина тут не тільки в тих ресурсах, які виділяються на їх здійснення, а насамперед у тому впливі, який чинять результати проєктування на розвиток науково-технічного прогресу. Техніко-економічне обґрунтування проєктів науково-дослідних робіт є документом, на підставі якого визначається не тільки доцільність підтримки діяльності наукових і виробничих колективів в області створення науково-технічної продукції, а й оцінюється [78]. При всій складності оцінки очікуваних результатів від розробки і впровадження технічних нововведень, особливо на початкових стадіях життєвого циклу, необхідні управлінські рішення, які дозволили б уникати помилок при прийнятті рішень, зводити до мінімуму відхилення фактичних результатів від планованих. Для цього – науковий персонал, фахівці повинні мати повну інформацію і методичну базу для наукового та техніко-економічного обґрунтування прийнятих рішень в галузі інновацій. Для розрахунків використовується система узагальнюючих показників і приватні показники, що відображають галузеву і функціональну специфіку, які розраховуються відповідно до діючих в галузях стандартів і методів [78]. При визначенні показників використовуються діючі ціни і тарифи на матеріали і комплектуючі вироби, встановлена система оподаткування, діючий порядок визначення собівартості продукції (послуг, робіт). У витрати на реалізацію проєкту включаються всі одноразові капітальні вкладення, поточні витрати, які матимуть місце при реалізації кінцевого продукту. При оцінці проєктів, в результаті здійснення яких створюються нові засоби виробництва, у витрати включаються всі витрати, як у сфері виробництва, так і в сфері експлуатації. При розрахунку витрат не допускається повторний рахунок, обліковуються тільки власні витрати. Якщо проєкт передбачає і виробництво і споживання деякої продукції (виробництво і споживання комплектуючих виробів), у розрахунку враховуються

тільки витрати на її виробництво, але не витрати на придбання. До складу одноразових витрат на здійснення проекту включаються як капітальні вкладення, так і витрати, що відносяться до разових, в тому числі на [78]:

- науково-дослідні, експериментальні, конструкторські, технологічні,
- проектні роботи;
- освоєння виробництва нових видів продукції;
- придбання, транспортування, монтаж, наладку та освоєння нового ідемонтаж замінного;
- створення виробничих площадок, безпосередньо пов'язаних із здійсненням проекту;
- створення тимчасових споруд, офісів;
- набір і навчання персоналу.

#### 5.2 Розрахунок питомих експлуатаційних витрат

Для початку розрахуємо норму витрат ресурсів на одиницю продукції:

$$ТП = Q \cdot ТН, \text{ од/т} \quad (5.1)$$

де Q – розрахункова добова продуктивність основних технологічних потужностей підприємства, 3,2 т/добу;

ТН – норма витрат на одиницю продукції, од/т.

Розрахунок:  $ТП = 3,2 \times 0,33 = 1,056$  од/т;

Далі розраховуємо експлуатаційні добові затрати основного виробництва:

$$E = Ц \times ТП, \text{ грн/добу} \quad (5.2)$$

де Ц – вартість витратних матеріалів основного виробництва, грн/од.

Для відходів кавової продукції, розрахунок:  $E_1 = 2500 \times 1,056 = 2640$  грн.;

Для тирси, розрахунок:  $E_2 = 1350 \times 1,056 = 1425,6$  грн

Сумарні експлуатаційні добові затрати основного виробництва для обох видів відходів:

$$E = E_1 + E_2 \quad (5.3)$$

$$E = 2640 + 1425,6 = 4065,6$$

Питомі експлуатаційні витрати на одиницю продукції основного виробництва розраховуємо за формулою:

$$ПЕ = E/Q, \text{ грн/т} \quad (5.4)$$

Розрахунок: ПЕ=4065/3,2=1270,5 грн.

Дані розрахунків за формулами наведені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1– Експлуатаційні витрати (3,2 т/добу)

Ресурс	Норма на одну тону продукту	Вартість, грн.	Добова потреба	Експ. затрати, грн.	Питомі експ. затрати, грн.
–	ТН	Ц	ТП	Е	ПЕ
Відходи у вигляді кави, т	0,33	2500	1,056	–	–
Відходи у вигляді тирси, т	0,33	1350	1,056	–	–
Електроенергія, кВт	102	375,4	1201	–	–
Матеріали для пакування, т	–	62	198,4	–	–
Всього	102,33	2875,4	1400,46	0	0

### 5.3 Розрахунок фонду оплати праці працівників

Розрахунок кількості тарифних ставок фонду оплати праці проводимо за формулою:

$$N = H \times T / 8, \text{ грн/добу} \quad (5.5)$$

де N – кількість тарифних ставок фонду оплати праці.

Розрахункову заробітну плату розраховуємо за формулою:

$$ЗП = ТС \times НТ, \text{ грн/добу} \quad (5.6)$$

де ТС – тарифна сітка, вартість оплати праці за розрядом, грн/год;

НТ – добова норма годин фонду оплати праці, год/доба.

Розрахунок:

$$ЗП1=82,4 \cdot 8=1166,4 \text{ грн/добу};$$

$$ЗП2=49,7 \cdot 8=666,4 \text{ грн/добу};$$

$$ЗП3=31,2 \cdot 16=499,2 \text{ грн/добу}.$$

Відрахування заробітної плати розраховуємо за формулою:

$$ВЗП = ЗП \times 0,17, \text{ грн/добу} \quad (5.7)$$

де 0,17 – базова ставка податку на дохід громадянина.

Розрахунок:

$VЗП1 = 659,2 \cdot 0,17 = 198,28$  грн/добу;

$VЗП2 = 397,6 \cdot 0,17 = 113,28$  грн/добу;

$VЗП3 = 499,2 \cdot 0,17 = 84,87$  грн/добу.

Нарахування заробітної плати розраховуємо за формулою:

$$НЗП = ВЗП + ЗП, \text{ грн/добу} \quad (5.8)$$

Розрахунок:

$НЗП1 = 112,06 + 659,2 = 1364,68$  грн/добу;

$НЗП2 = 67,6 + 397,6 = 779,68$  грн/добу;

$НЗП3 = 84,87 + 499,2 = 584,07$  грн/добу.

Розрахунок фонду оплати праці проводимо за формулою:

$$НЗП / 0,8, \text{ грн/добу} \quad (5.9)$$

де 0,8 – базова ставка відрахування ФОП.

Розрахунок:

$ФОП1 = 1364,68 / 0,8 = 1705,85$  грн/добу;

$ФОП2 = 779,68 / 0,8 = 974,6$  грн/добу;

$ФОП3 = 584,07 / 0,8 = 730,08$  грн/добу;

$\Sigma \text{ФОП} = 3410,53$  грн/добу.

Дані за розрахунками наведені в табл. 5.2

Таблиця 5.2 – Розрахунок фонду оплати праці

п.п. /показ ник	Посада	Тариф, грн/год	Добова норма годин	Кількість персоналу	Заробітна плата	Відрахування	Нарахуванн	Фонд оплати праці
						заробітної плати	я заробітної плати	
	-	ТС	НТ	N	ЗП	ВЗП	НЗП	ФОП
	Технолог	145,8	8	1	1166,4	198,28	1364,68	1705,85
	Працівник складу	83,3	8	1	666,4	113,28	779,68	974,6
	Вантажник	31,2	16	2	499,2	84,87	584,07	584,07

#### 5.4 Розрахунок капітальних витрат основного виробництва

На схемі 5.1 наведена технологічна схема виробництва прототипу сорбенту.

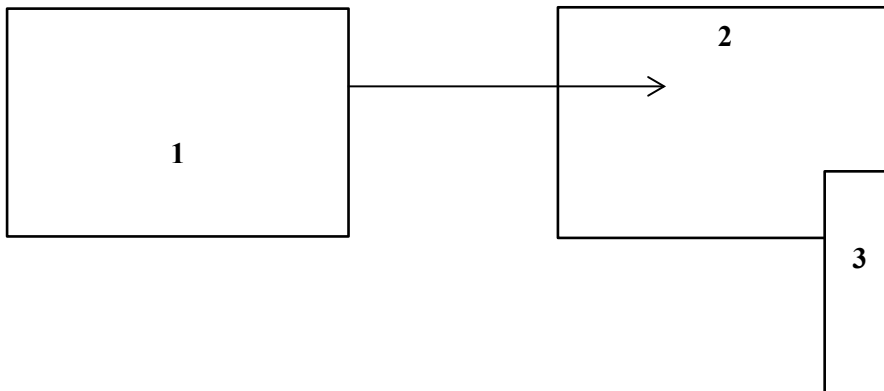


Рисунок 5.1 –Технологічна схема виробництва: 1-Камера піролізу; 2-камера сушіння; 3- Блок топки і конденсації.

Розраховуємо чисту капітальну вартість обладнання, дисконтовану на гарантійний строк експлуатації:

$$\text{ЧДВ} = S \cdot \frac{1}{(1-E)^T} \quad (5.10)$$

де  $S$  – кошторисна вартість обладнання у цінах 2020 року, грн.;

$BT$  – паспортна експлуатаційна витрата електроенергії одиницею технологічного обладнання, кВт/год;

$E$  – норма дисконтної ставки капітальних вкладів природоохоронної діяльності, 0,05;

$T$  – гарантійний строк експлуатації обладнання у розрахунку 0,75 технічного ресурсу, роки;

Розрахунок:

$$\text{ЧВД} = 399600 \cdot \frac{1}{(1-0,05)^{10}} = 399600 \text{ грн.};$$

$$S = 199800 \text{ грн}$$

Беремо ще 1 додаткову лінію, на випадок поломки.

$$S = 199800 \cdot 2 = 399600 \text{ грн}$$

Капітальні витрати фонду основних знарядь праці розраховуються за формулою:

$$K = S + s_1, \text{ грн.} \quad (5.11)$$

де  $s_1$  – кошторисна вартість встановлення обладнання у цінах 2020 року,  
грн.

$$S_1 = 40000 \text{ грн}$$

$$K = 399600 + 40000 = 439600 \text{ грн}$$

Амортизаційні відрахування на ЧДВ розраховуються за формулою:

$$A = \frac{ЧДВ - K}{T}, \text{ грн.} \quad (5.12)$$

$$\text{Розрахунок: } A = (39960 - 439600) / 10 = -40000 / 10 = -4000.$$

### 5.5 Розрахунок питомої собівартості продукції

Розрахунок питомої собівартості продукту відбувається за формулою:

$$ПС = \frac{\frac{K}{T \cdot 250} + O_{\text{пр}} + E + \text{ФОП} + \frac{A}{250}}{Q} \quad (5.13)$$

де  $O_{\text{пр}}$  – організаційні витрати основного виробництва;

$Q$  – розрахункова добова продуктивність основних технологічних потужностей підприємства, 3,2 т/добу.

Організаційні витрати розраховуються за формулою:

$$O_{\text{пр}} = \text{ФОП} \cdot 0,3, \text{ грн.} \quad (5.14)$$

Розрахунок:

$$O_{\text{пр}} = 3410,53 \cdot 0,3 = 1023,16 \text{ грн.}$$

Розрахунок собівартості сорбенту:

$$ПС = ((439600 / 10 \cdot 250) + 1023,16 + 0,05 + 3410,53) / 3,2 = 4609,58 / 3,2 = 1440,50 \text{ грн.}$$

Як ми бачимо вартість сорбенту на основі деревного вугілля коштує в десятки разів менше ніж його відомі аналоги.

## Висновки

Ступінь забруднення навколишнього середовища безпосередньо залежить від часу контакту пролитих небезпечних вантажів з об'єктами навколишнього середовища. Саме тому, головним завданням у проведенні та організації заходів по локалізації та ліквідації забруднюючих речовин на твердих поверхнях і ґрунті при перевезенні небезпечних вантажів наземними видами є мінімізація часу від початку емісії небезпечного вантажу до початку їх безпосередньої локалізації та збору. Новою основою технологій ліквідації розливів небезпечних вантажів є доступність матеріалів і технічних засобів локалізації та збору розливів в будь-який час і в будь-якому місці. Даний принцип дозволить вирішити цілий ряд організаційних завдань, а найголовніше - забезпечити матеріальне постачання всіх етапів проведення ліквідаційних заходів. Основне завдання, що реалізується цією технологією - оперативна локалізація розливу небезпечного вантажу і запобігання його подальшої міграції в водойми, системи відведення зливових вод і ін.

Узагальнюючи матеріали, викладені у роботі, можна стверджувати, що технологія локалізації і ліквідації розливів небезпечних вантажів на залізничному транспорті з використанням сорбційних матеріалів в місцях утворення розливу є ефективною, технічно реалізованою і конкурентоспроможною.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] - ГОСТ 12597-67 «Сорбенты. Метод определения массовой доли воды в активных углях и катализаторах на их основе».

[2] - Європейська угода про міжнародне дорожнє перевезення небезпечних вантажів [електронне ресурс] URL - [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994\\_217#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_217#Text)

[3] - Зеленько Ю.В. Мямлін С.В. «Еколого-економічні заходи стабілізації та поліпшення стану довкілля на залізничному транспорті» [електронне видання] Ю.В. Зеленько, С.В. Мямлін // Сборник научных трудов Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна «Проблемы экономики транспорта» 2014 р. URL-<https://cyberleninka.ru/article/n/ekologo-ekonomichni-zahodi-stabilizatsiyi-ta-polipshennya-stanu-dovkilliya-na-zaliznichnomu-transporti/viewer>

[4] – Інтернет сайт Громадської Спілки "СУСАР" URL - <http://сусар.com.ua/news-ua/post-454/>

[5] - Сорбція // Термінологічний словник-довідник з будівництва та архітектури / Р. А. Шмиг, В. М. Боярчук, І. М. Добрянський, В. М. Барабаш; за заг. ред. Р. А. Шмига. — Львів, 2010. — С. 181. — ISBN 978-966-7407-83-4.

[6] Електронний ресурс URL - [https://studopedia.com.ua/1\\_16848\\_sorbtsiyini-protsezi-ih-klasifikatsiya-adsorbtsiya-na-mezhi-riznomanitnih-faz.html](https://studopedia.com.ua/1_16848_sorbtsiyini-protsezi-ih-klasifikatsiya-adsorbtsiya-na-mezhi-riznomanitnih-faz.html)

[7] Електронний ресурс URL - <https://vetline.pro/blog/vidi-sorbentiv>

[8] Аветисян В.Г., Андронов В.А. // Звіт про науково-дослідну роботу. Розробка рекомендації щодо проведення аварійно-рятувальних робіт на залізничному транспорті. / Міністерство України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи. Національний університет цивільного захисту України. - м. Харків, 2010. — 103 с.

[9] - Торфяной сорбент СОНЕТ-СОРБ // Интернет магазин ТИЭТ сорбенты и сорбционные средства, компания ООО «ТИЭТ» URL - <http://tiet-sorbent.ru/oil/sonnetsorb.htm>

[10] - Торфяной сорбент СОНЕТ-СОРБ[Рисунок] // Интернет магазин ТИЭТ сорбенты и сорбционные средства, компания ООО «ТИЭТ» URL - <http://tiet-sorbent.ru/oil/sonnetsorb.htm>

[11] - Биоразлагаемый сорбент OCLANSORB // Интернет магазин ТИЭТ сорбенты и сорбционные средства, компания ООО «ТИЭТ» URL - <http://tiet-sorbent.ru/granular%20sorbents/oclandsorb.htm>

[12] - Биоразлагаемый сорбент OCLANSORB[Рисунок] // Интернет магазин ТИЭТ сорбенты и сорбционные средства, компания ООО «ТИЭТ» URL - <http://tiet-sorbent.ru/granular%20sorbents/oclandsorb.htm>

[13] - Органоминеральный сорбент нефтепродуктов ЭКОЛАН // Интернет магазин ТИЭТ сорбенты и сорбционные средства, компания ООО «ТИЭТ» [58] - Торфяной сорбент СОНЕТ-СОРБ[Рисунок] // Интернет магазин ТИЭТ сорбенты и сорбционные средства, компания ООО «ТИЭТ» URL – <http://tiet-sorbent.ru/granular%20sorbents/ecolan%20sorbent.htm>

[14] - Органоминеральный сорбент нефтепродуктов ЭКОЛАН[Рисунок] // Интернет магазин ТИЭТ сорбенты и сорбционные средства, компания ООО «ТИЭТ» [58] - Торфяной сорбент СОНЕТ-СОРБ[Рисунок] // Интернет магазин ТИЭТ сорбенты и сорбционные средства, компания ООО «ТИЭТ» URL – <http://tiet-sorbent.ru/granular%20sorbents/ecolan%20sorbent.htm>

[15] - Олеофильный сорбент нефтепродуктов OL-EX CUBE // Интернет магазин ТИЭТ сорбенты и сорбционные средства, компания ООО «ТИЭТ» URL – <http://tiet-sorbent.ru/granular%20sorbents/ol-ex%20cube.htm>

[16] - Олеофильный сорбент нефтепродуктов OL-EX CUBE [Рисунок] // Интернет магазин ТИЭТ сорбенты и сорбционные средства, компания ООО «ТИЭТ» URL - <http://tiet-sorbent.ru/granular%20sorbents/ol-ex%20cube.htm>

[17] - Сорока М. Л., Ярышкина Л. А. Технология ликвидации разливов нефтепродуктов с превентивным накоплением сорбентов в зоне образования и локализации разлива // Стаття/ весник ДИИТа, - 2014.

- [18] - Плахотник, В. Н. Природоохранная деятельность на железнодорожном транспорте Украины: проблемы и решения : монография / В. Н. Плахотник, Л. А. Ярышкина, В. И. Сираков и др.; – К.: Транспорт України, 2001. – С. 150-161.
- [19] - Сорока, М. Л., Структурно-логическая схема развития аварийных эмиссий углеводородов на железнодорожном транспорте и основные требования к сорбентам, применяемым для их ликвидации / М. Л. Сорока, Л. А. Ярышкина // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Вип. 37. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2011,– С. 174-179.
- [20] – Use of Sorbent Materials in Oil Spill Response / The International Tanker Owners Pollution Federation Limited (ITOPF), Technical information paper. – 2012. – Vol. 8. – 12 p.
- [21] – 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, СГУ, 2012. – С. 53-55.
- [22] – Zelen`ko, Yu. The New Technology of Liquidation of Transport Accidents Involving Oil Products / Transport problems. – 2010. – Vol. 5 Issue 1. – P. 83-87.
- [23] – Сорбирующий мат // Интернет магазин ТИЭТ сорбенты и сорбционные средства, компания ООО «ТИЭТ» URL - <http://tiet-sorbent.ru/oil/Trackmatting.htm>
- [24] - Давыдова С. Л. Нефть и нефтепродукты в окружающей среде [Текст] / С. Л. Давыдова. – М. РУДН, 2004. – 131 с.
- [25] - Скурлатов Ю. И. Введение в экологическую химию [Текст] / Ю. И. Скурлатов, Г. Г. Дука, А. Мизити. – М.: Высшая школа, 1999. – 400 с.
- [26] - Глазовская М. А. Состояние, динамика и диагностика почвенных экосистем, загрязненных нефтью, нефтепродуктами и промышленными водами [Текст] / М. А. Глазовская // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем: Сб. науч. тр. – М.: Наука, 1988. – С. 7–50.
- [27] - Ануров С. А. Получение углеродных адсорбентов из растительных отходов. Карбонизация сырья [электронное видання] / С. А. Ануров, Т. В. Анурова, В. Н. Клушин и др. // Электронный научный журнал «Исследовано в России», 2011. – URL: <http://www.sci-journal.ru/articles/2011/017.pdf>.
- [28] - Ануров С. А. Получение углеродных адсорбентов из растительных отходов. Активация карбонизатов [электронное видання] / С. А. Ануров, Т. В. Анурова, В. Н. Клушин и др. // Электронный научный журнал «Исследовано в России», 2011. – URL: <http://www.sci-journal.ru/articles/2011/018.pdf>.

- [29] - Кузнецов Б. Н. Каталитическая химия растительной биомассы [текст] / Б. Н. Кузнецов // Соросовский образовательный журнал, 1996. – № 12. – С. 47–55.
- [30] - Получение активных углей из скорлупы кедрового ореха [текст] / А. В. Богаев, И. А. Лебедев, Д. Ф. Карчевский и др. // Ползуновский вестник, 2013. – № 1. – С. 282-284.
- [31] - Осокин В. М. Исследования по получению новых сорбентов из растительного сырья для очистки воды [текст] / В. М. Осокин, В. А. Сомин // Ползуновский вестник, 2013. – № 2. – С. 280–282.
- [32] - Глазкова Е. А., Новый синтетический сорбционный материал [Текст] // Химия нефти и газа. – Томск: ИОА СО РАН, 2003. – С. 592.
- [33] - Коронелли Т.В. Принципы и методы интенсификации биологического разрушения углеводов в окружающей среде [Текст] / Т. В. Коронелли // Прикладная биохимия и микробиология. – 1996. – Т.32. – №6. – С.579-585.
- [34] - Пашаян А. А. Эколого-экономические аспекты регенерационных методов очистки промышленных сточных вод [Текст] / А. А. Пашаян и др. // Вестник МАНЭБ, 2004. – № 2. – С. 16–19.
- [35] - Чиркова В.С. Аппарат для получения адсорбентов из отходов [текст] / В. С. Чиркова, В. В. Ульянова, Н. А. Собгайда // Еколого-правові та економічні аспекти екологічної безпеки регіонів: матеріали міжнародної науково-практичної конференції. – Харків: ХНАДУ. – 2013. – С. 415–418.
- [36] - Проблеми формування нової економіки ХХІ століття: матеріали V Міжнар. Наук. -практ. Конф., 21-22 груд. 2012р.: у 3 т.- Дніпропетровськ: Біла К.О., 2012
- [37] – Валеев И.А., Газизов Р.А. Разработка промышленной установки для получения сырья используемого в производстве сорбента медицинского назначения [текст] // Вестник технологического университета, 2015 Т.18, № 15
- [38] - Получение активных углей из скорлупы кедрового ореха [текст] / А. В. Богаев, И. А. Лебедев, Д. Ф. Карчевский и др. // Ползуновский вестник, 2013. – № 1. – С. 282-284.