

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ, ТРАНСПОРТУ ТА АРХІТЕКТУРИ  
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

**Пояснювальна записка**  
до дипломної роботи  
*магістра*  
Освітньо-кваліфікаційний рівень

Напрямок підготовки (спеціальність) *132 «Матеріалознавство»*  
Освітньо-професійна програма *Відновлення та технічний сервіс  
автомобілів»*

на тему: **«Дослідження технології отримання матеріалів  
для ефективного очищення технологічних рідин»**

Шифр ***MPTAM 2318036. 000 ПЗ***

Виконав: студент 2-го курсу, група МТВАм 22-1



*H.P. Віднічук*  
Ініціали, прізвище

Керівник *к.т.н., доц. каф. ТАМ.*



*O.P. Бабак*  
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:

Зав. кафедри *ТАМ д.т.н., проф.*



*O.V. Духа*  
Ініціали, прізвище

7 12 2023 р.

Хмельницький, 2023

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра теплової, автомобільної та матеріалознавства

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Напрям підготовки (спеціальність) 132 «Матеріалознавство»

Освітньо-професійна програма Відновлення та технічний сервіс автомобілів»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри TAM

проф., д.т.н. Духа О.В.

21 жовтня 2023 року

## ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Віднічуку Назару Руслановичу

Прізвище, ім'я, по батькові

1. Тема проекту (роботи) \_\_\_\_\_

Дослідження технології отримання матеріалів для ефективного очищення технологічних рідин

керівник проекту (роботи) Бабак Олег Петрович к.т.н., доцент

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом університету від 15 серпня 2023р. № 28 (Д30)

2. Строк подання студентом проекту на кафедру 10 грудня 2023 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Матеріали практики; робочі креслення досліджуваних деталей; нормативно – технологічна документація по розбиранню, дефектації, складанню і регулюванню вузла тертя; вимоги з охорони праці і безпеки роботи при виконанні ремонтних робіт; техніка – економічні показники роботи підприємства.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Аналітичний огляд. Очищення стічних вод і осушення промислових масел; 2 Матеріал і методики дослідження; 3 Результати дослідження і їх обґрунтування; 4 Проектування стандартних пунктів технічного обслуговування

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) \_\_\_\_\_

Графічна частина роботи представлена у вигляді презентації на слайдах

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання\_----

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Пром.
1	<i>Літературний огляд</i>	<i>30.09.2023</i>	
2	<i>Технологічний розділ</i>	<i>25.10.2023</i>	
3	<i>Дослідницький розділ</i>	<i>15.11.2023</i>	
4	<i>Оформлення розрахунково-пояснювальної записки</i>	<i>22.11.2023</i>	
5	<i>Оформлення презентації магістерської роботи</i>	<i>1.12.2023</i>	
6	<i>Нормоконтроль магістерської роботи</i>	<i>5.12.2023</i>	
7	<i>Підписання розділів. Затвердження дати захисту</i>	<i>10.12.2023</i>	

Студент

Керівник проекту (роботи)

  
Підпис

*Віднічук Н.Р.*  
Ініціали, прізвище

*Бабак О.П.*  
Ініціали, прізвище

## РЕФЕРАТ

На тему: «Дослідження технології отримання матеріалів для ефективного очищення технологічних рідин»

Актуальність даної роботи викликана тим, що в сучасному світі присутні екологічні проблеми різних рівнів, починаючи від сміття на вулицях закінчуючи смітниками близько міст, крім усього цього крім фізичного впливу, існують і хімічні погрози. Такі як нафтові плями в океані та забруднення водою стічними відходами. Проблема стічних вод на виробництвах часто вирішується локально за допомогою власних очисних споруджень. Але проаналізувавши окремо етапи очищення, був виявлений недолік через спалювання відходів. Це викликано тим, що на очисних спорудженнях використовується ряд методик з використанням сипучих порошкоподібних сорбентів. Вугілля є найпоширенішим з них, який у свою чергу залишає домішки у воді, а також утилізується після використання. У зв'язку із цим гостро стоїть питання про створення робочого сорбенту, що має не високу собівартість, а також можливість багаторазового використання.

Крім вищесказаного, на власних підстанціях або електростанціях на виробництвах, у роботі трансформаторів для кращого охолодження використовуються трансформаторні масла, які з перебігом часу втрачають свої характеристики. Для вирішення цих проблем існує методики відомі як регенерація масел, у процесі яких використовується ряд установок. Спрощення цих заходів прямо впливає на рентабельність відновленого масла. У зв'язку із цим проводяться пошуки альтернативних методів регенерації масел у тому числі і їх осушення від водних мас.

У сучасному світі силікон набув широкого застосування в різних сферах діяльності людини. Полідиметилсилоксан (ПДМС) є представником силіконів, має рядом особливих властивостей, що дозволяють одержувати функціональні матеріали. До таких властивостей можна віднести: еластичність, термостійкість, міцність і ін. ПДМС може бути легко модифікований шляхом введення до його складу добавок, що дозволяють змінювати властивості його поверхні, а також створювати пористу структуру. Пористий ПДМС може бути використаний для одержання сорбентів.

Дана робота спрямована на розширення області застосування полідиметилсилоксану й полімерних матеріалів на його основі.

Ціль роботи – розробка і апробування методики одержання ефективних сорбентів для цільового очищення забруднювачів.

Завдання:

- 1) Проведення літературного огляду;
- 2) Розробка методики синтезу сорбенту;
- 3) Синтез сорбенту на основі полідиметилсилоксану;
- 4) Дослідження сорбційних властивостей зразків.

**Структура й обсяг роботи.** Магістерська робота складається із вступу, чотирьох глав, основних висновків, переліку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг роботи становить 84 сторінок, 48 малюнків, 4 таблиць, 35 літературних джерел і додатку.

Перелік ключових слів: СОРБЕНТИ, ОЧИЩЕННЯ, СИНТЕЗ, РЕГЕНЕРАЦІЯ МАСЕЛ, ОЧИСНІ СПОРУДИ

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
<b>1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД. ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД І ОСУШЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ МАСЕЛ.....</b>	<b>8</b>
1.1 Екологічний стан стічних вод .....	8
1.1.1 Очищення природних стічних вод.....	8
1.1.2 Скидання стічних вод у природні водойми.....	9
1.2 Конструкція очисних споруджень.....	10
1.3 Механічне очищення.....	11
1.4 Біологічне очищення.....	12
1.4.1 Процес активного мулу.....	13
1.4.2 Краплинні фільтри.....	15
1.4.3 Окисні ставки.....	16
1.5 Хімічне очищення.....	16
1.5.1 Фільтрування.....	16
1.5.2 Видалення живильних речовин.....	17
1.5.3 Видалення фосфору.....	17
1.5.4 Видалення азоту.....	17
1.6 Ультрафіолетове очищення.....	17
1.7 Сорбція води з масел.....	18
1.7.1 Сушіння масла в цеолітових установках.....	24
1.7.2 Регенерація кнєлих масел.....	25
1.7.3 Дезазація трансформаторного масла.....	26
1.7.4 Фізико-хімічні способи.....	26
1.7.5 Хімічні методи регенерації.....	27

					<b>MP TAM 23.118036.000 ПЗ</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.	<i>Дослідження технології отримання матеріалів для ефективного очищення технологічних рідин</i>	Лист	Арк.	Акція
Розроб.	Відничук						4	84
Перевір.	Бабак					ХНУ група МТВАм 22-1		
Реценз.								
Н. Контро.	Макоєкін							
Затверд.	Діка							

1.7.6	Методи видалення вологи.....	27
1.8	Області застосування ПДМС.....	27
1.9	Висновки по розділу.....	28
<b>2</b>	<b>МАТЕРІАЛ І МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ</b> .....	<b>29</b>
2.1	Матеріал виробу.....	29
2.2	Методика одержання.....	30
2.3	Методики дослідження поверхні.....	31
2.4	Методика обробки зразків, і дослідження пористості.....	33
2.5	Методики роботи із приладами для аналізу результатів на сорбцію.....	36
	Висновки по розділу.....	43
<b>3</b>	<b>РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ І ЇХ ОБГРУНТУВАННЯ</b> .....	<b>44</b>
3.1	Дослідження отриманих полімерів.....	44
3.1.1	Дослідження особливостей у процесах, для одержання зразків.....	44
3.1.2	Переваги.....	49
3.1.3	Дослідження сорбційної ємності.....	50
3.2	Дослідження на сорбцію метиленовий синій.....	57
3.3	Дослідження на сорбцію фенол.....	60
3.4	Дослідження на сорбцію води з масел.....	62
3.5	Висновок по розділу.....	63
<b>4</b>	<b>ПРОЕКТУВАННЯ СТАНДАРТНИХ ПУНКТИВ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ</b> .....	<b>64</b>
4.1	Водоочисні споруди для мийних установок.....	70
4.2	Розрахунки очисних споруд автомийних установок.....	76
	<b>ВИСНОВОК</b> .....	<b>79</b>
	<b>СПИСОК ВИКОРИСТОВУВАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....	<b>80</b>
	<b>ДОДАТОК</b> .....	<b>84</b>

## ВСТУП

Актуальність даної роботи викликана тим, що в сучасному світі присутні екологічні проблеми різних рівнів, починаючи від сміття на вулицях закінчуючи смітниками близько міст, крім усього цього крім фізичного впливу, існують і хімічні погрози. Такі як нафтові плями в океані та забруднення водойм стічними відходами. Проблема стічних вод на виробництвах часто вирішується локально за допомогою власних очисних споруджень. Але проаналізувавши окремо етапи очищення [1, 8], був виявлений недолік через спалювання відходів. Це викликано тим, що на очисних спорудженнях використовується ряд методик з використанням сипучих порошкоподібних сорбентів [2, 4, 7]. Вугілля є найпоширенішим з них, який у свою чергу залишає домішки у воді, а також утилізується після використання. У зв'язку із цим гостро стоїть питання про створення робочого сорбенту, що має не високу собівартість, а також можливість багаторазового використання.

Крім вищесказаного, на власних підстанціях або електростанціях на виробництвах, у роботі трансформаторів для кращого охолодження використовуються трансформаторні масла, які з перебігом часу втрачають свої характеристики. Для вирішення цих проблем існує методики відомі як регенерація масел, у процесі яких використовується ряд установок [3, 6, 9, 10]. Спрощення цих заходів прямо впливає на рентабельність відновленого масла. У зв'язку із цим проводяться пошуки альтернативних методів регенерації масел у тому числі і їх осушення від водних мас.

У сучасному світі силікон набув широкого застосування в різних сферах діяльності людини. Полідиметилсилоксан (ПДМС) є представником силіконів, має рядом особливих властивостей, що дозволяють одержувати функціональні матеріали. До таких властивостей можна віднести: еластичність, термостійкість, міцність і ін. ПДМС може бути легко модифікований шляхом введення до його складу добавок, що дозволяють змінювати властивості його

					MP TAM 23.18036. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

поверхні, а також створювати пористу структуру. Пористий ПДМС може бути використаний для одержання сорбентів.

Дана робота спрямована на розширення області застосування полідиметилсилоксану й полімерних матеріалів на його основі.

Ціль роботи – розробка і апробування методики одержання ефективних сорбентів для цільового очищення забруднювачів.

Завдання:

- 1) Проведення літературного огляду;
- 2) Розробка методики синтезу сорбенту;
- 3) Синтез сорбенту на основі полідиметилсилоксану;
- 4) Дослідження сорбційних властивостей зразків.

					<i>MP TAM 23.18036. 000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		7

# 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД. ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД І ОСУШЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ МАСЕЛ

## 1.1 Екологічний стан стічних вод

### 1.1.1 Очищення природних стічних вод

Природне очищення - це процес, який відбувається мимовільно в природі й без втручання людини або використання механічного у статкування або хімічних сполук. Природне очищення стічних вод може відбуватися, коли стічні води надходять у поверхневі води, такі як ріки й моря, або, коли вони проникають у підземні води. При природній обробці звичайно використовуються всі види обробки, включаючи аеробне біологічне очищення в річках і морях, анаеробну очищення в колодязях для видалення стічних вод і хімічну обробку шляхом окиснення або дезінфекції. Найбільш важливим видом природнього очищення є біологічне очищення за допомогою аеробних і анаеробних бактерій. На додаток до цих бактерій, деякі невеликі одноклітинні бактерії та багатоклітинні організми, включаючи водорості й гриби, допомагають природньому очищенню.

Очищення стічних вод за допомогою аеробних бактерій відбувається у два етапи: окиснення вуглецевмісних з'єднань із наступним окисненням азотовмісних з'єднань. На обох стадіях кількість розчиненого кисню в стічних водах зменшується. Чим менша кількість розчиненого кисню в стічних водах, тим нижче здатність стічних вод поглинати кисень через його контакт із повітрям, щоб компенсувати недолік кисню та досягати стану насичення. Швидкість поглинання кисню та час, необхідний для усунення недоліку кисню, варіюються залежно від типу потоку води й площі поверхні, що стикається з повітрям. Крім того, на відновлення розчиненого у воді кисню впливає присутність водяних рослин, таких як водорості та сонячне світло. Оскільки поверхневі водні ресурси звичайно містять більше кисню, чим кількість,

					MP TAM 23.18036. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

необхідна для водних тварин і риб, ці водні ресурси можуть викликати швидке розмноження аеробних бактерій у стічних водах. Ці бактерії будуть потім очищати стічні води.

Зрозуміло, враховуючи сказане вище й для підтримки здоровішого середовища проживання риб і підтримки чистоти середовища проживання, природне та спонтанне очищення стічних вод слід використовувати обережно й в обмежених масштабах. Згадана природня обробка включає окиснення нестабільних органічних речовин до нітратів і осадження зважених речовин у природньому шарі. Крім того, присутність розчиненого кисню у воді й ультрафіолетових променів, які перебувають на сонці, викликають дезінфекцію стічних вод. Природна обробка зменшує кількість кисню, розчиненого у воді. Цей недолік кисню буде виправлений шляхом контакту води з повітрям. Залежно від природних факторів, для заміни загубленого кисню може знадобитися кілька днів. Вітрові потоки, які генерують хвилі на поверхні води, ухил суши, який викликає потік води в річках, рельєф русла річки, який викликає турбулентний потік і, нарешті, температуру й глибину води в природному ресурсі, - усе це впливає на швидкість відновлення кисню. Наявність масел і нафтопродуктів на поверхні води й / або на поверхні замерзлої води значно знижує поглинання кисню.

### 1.1.2 Скидання стічних вод у природні водойми

На перший погляд здається, що моря й океани завдяки своїм величезним розмірам здатні поглинати будь-яка кількість стічних вод і очищати стічні води завдяки своїй здатності природнього очищення. Але скидання стічних вод у моря може забруднити морські узбережжя, прибережні міста, місця для купання та місця для риболовлі. Крім того, це зменшить кількість кисню, розчиненого у водах морів, що приведе до загибелі водних тварин, особливо риб, появи неприємних заходів і навіть поширенню різних захворювань. Наступний пункт

					<i>MP TAM 23.18036. 000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		9

необхідно враховувати, якщо стічні води скидаються в озера й моря:

Збільшення солоності води приведе до зменшення кількості кисню, розчиненого у воді, що зменшить здатність морів і озер до природної обробки.

## 1.2 Конструкція очисних споруджень

Очисні спорудження (рис.1.1) представляють із себе комплекс конструкцій і будівель, призначених на фільтрацію води, і надалі випуск чистої для повторного використання, або придатної для скидання у водойми. Саме від очисних споруджень залежить екологічна безпека навколишнього середовища, тому що за умови зливу відходів у водойми, вони рано або пізно потраплять у ґрунтові води, а вже звідти безпосередньо знову на очисні спорудження й далі в міські водні ресурси. Звідси можна зробити висновок що очисні спорудження підприємств на пряму впливають на міські очисні спорудження, це одна із причин чому стягується штраф за умови викиду у водойми не очищених відходів. На ступінь очищення вод впливають, як і механізми так і розміри очисних споруджень, у першу чергу це викликане різними величинами потоків так і їх забруднення. Як правило існують наступні типи очищення вод:

- 1) Механічне очищення містить у собі фільтрацію від усіх видів твердих часток.
- 2) Біологічне очищення містить у собі використання бактерій для видалення забруднень.
- 3) Хімічне очищення полягає в можливим додаванні певних речовин із загальних товщах води.
- 4) Ультрафіолетове очищення полягає в кінцевому знезаражуванні речовин, що пройшли всі попередні стадії очищення.

					MP TAM 23.18036. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10



Рисунок 1.1 – Приклад очисного спорудження

### 1.3 Механічне очищення

Перший і основний резервуар у які попадають стічні води — це насосна станція, звідки потім шляхом тиску протікають через усі стадії очищення.

Далі йде один з найголовніших первинних етапів очищення це механічне очищення. Без нього подальші етапи неможливі або можливі, але вже не

					<i>MP TAM 23.18036. 000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>11</i>

гарантують очищення. На даному етапі застосовується ряд очищень:

Проста механічна сепарація великих нерозчинених домішок. Полягає вона у використанні різних мембран різної дисперсії для затримування часток. До того ж на даному очищенні використовуються як правило відстійники для можливості осаду зважених часток.

Очищення жирів і часток з поверхні вод проводиться за рахунок спеціальних шкребків (рис. 1.2) безпосередньо із самої поверхні води



Рисунок 1.2 – Приклад споруд по очищенню жирів

#### 1.4 Біологічне очищення

Після первинного очищення стічні води зазнають вторинній обробці, що погіршує біологічний вміст стічних вод. При вторинній обробці звичайно використовуються біологічні процеси. Мікроорганізми додаються в стічні води для споживання органічних речовин. Кисень доставляється в систему, що забезпечує виживання мікроорганізмів. Ці біологічні процеси відбуваються природньо в природі, але прискорюються в системах біологічного очищення. Вторинна обробка в основному здійснюється за допомогою процесу активного мулу, краплинних фільтрів, аерованих лагун і окисних ставків.

					MP TAM 23.18036. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

#### 1.4.1 Процес активного мулу

У процесі активного мулу мікроорганізми, звичайно бактерії, використовуються для аеробного очищення стічних вод (рис.1.3). Органічні речовини в стічних водах забезпечують вуглець і енергію, необхідні для росту та розмноження бактерій. Щоб сприяти їхньому росту популяції, іноді додають азот і фосфор. Стічні води змішуються з мікроорганізмами, які перебувають в аеротенції, а органічні забруднювачі перетворюються в тканині мікробних кліток і вуглекислий газ. Коли росте популяція мікроорганізмів, вона утворює частки, які збираються разом. Ці частки осідають на дні резервуара, і над цими частками залишається відносно чиста рідина, вільна від органічних і зважених часток. Обложена органічна речовина, що полягає з декількох типів мікроорганізмів, називається активним мулом. Будь-який органічний азот або фосфор у суміші перетвориться в нітрат і фосфат-іони.

#### 1.4.2 Краплинні фільтри

Краплинні фільтри - це система аеробного очищення (рис. 1.4), яке використовує мікроорганізми, прикріплені до середовища, для видалення органічних речовин зі стічних вод. Він складається із шару пакувального матеріалу, до якого прикріплені мікроби. Цей мікробний ріст на фільтруючому середовищі складається з бактерій, грибів, водоростей і т.і. І називається біологічним слизом. Стічні води розпоршуються в повітря, а потім пропускаються через носій. Мікроорганізми, прикріплені до середовища, руйнують органічні речовини в стічних водах. Коли усе більше і більше стічних вод проходить, шар слизу товщає й в остаточному підсумку відривається від поверхні. Осідання після краплинного фільтра видаляє відділену бактеріальну плівку і деякі зважені речовини

					MP TAM 23.18036. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13



Рисунок 1.3 – Приклад установки для процесу активного мулу



Рисунок 1.4 – Приклад краплинного фільтра

					МР ТАМ 23.18036. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

### 1.4.3 Окисні ставки

Окисні ставки - це великі та неглибокі ставки, призначені для очищення відходів (рис. 1.5). вода через взаємодію сонячного світла, бактерій і водоростей. Водорості ростуть у ставку й використовують сонячне світло для виробництва кисню шляхом фотосинтезу.  $O_2$  використовується аеробними бактеріями в окисному ставку для руйнування органічних відходів у стічних водах. Тверді частки, що розклалися, осідають у водоймах, що приводить до відносно гарного очищення стоків.



Рисунок 1.5 – Приклад окисного ставка

					MP TAM 23.18036. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

## 1.5 Хімічне очищення

Хімічна або третинне очищення - це остаточне очищення стічних вод перед їх скиданням у навколишнє середовище. Це також згадується як полірування стічних вод. Хімічна обробка містить у собі передові процеси очищення, які роблять стоки більш високої якості, чим вторинне очищення. Ці процеси життєво важливі для повторного використання стічних вод. У хімічній обробці база використовує реагенти для окиснення органічних матеріалів стічних вод. Метою хімічної обробки є поліпшення вторинного очищення стічних вод шляхом видалення живильних речовин і розчинених твердих речовин. Основні процеси: фільтрація, видалення живильних речовин.

### 1.5.1 Фільтрування

Для фільтрації очищених стоків використовується або пісок, або активоване вугілля. Так само знайшли широке застосування установки з керамічними мембранами (рис. 1.6). При фільтрації всі тверді частки, що залишилися зважені, які не віддаляються при вторинній обробці, будуть вилучені.



Рисунок 1.6 – Приклад установки з керамічними мембранами

					MP TAM 23.18036. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

### 1.5.2 Видалення живильних речовин

Високі рівні живильних речовин, таких як  $N_2$  і P, повинні бути вилучені, інакше відбудеться евтрофікація.

Видалення живильних речовин здійснюється шляхом біологічного очищення шляхом пропущення стічних вод через п'ять різних камер:

а. Зона анаеробної ферментації з дуже низьким рівнем розчиненого кисню й відсутністю нітратів

б. Аноксична зона з низьким рівнем розчиненого кисню, але із присутністю нітратів

с. Аеробна зона буд.

д. Вторинна аноксична зона

е. Кінцева зона аерації.

### 1.5.3 Видалення фосфору

Фосфор може бути вилучений організмами, що накопичують поліфосфати (ПАО). Його також можна вилучити хімічним осадженням, звичайно за допомогою солей Fe, Al або перевести.

### 1.5.4 Видалення азоту

У стічних водах більша частина азоту перебуває у формі аміаку.

При вторинній обробці значна частина цього аміаку виділяється в стоки. Бактерії можуть використовувати цей аміак як джерело енергії й перетворювати аміак у нітрити.

### 1.6 Ультрафіолетове очищення

Ультрафіолетове очищення - це знищення мікроорганізмів, присутніх у воді. Альтернативою ультрафіолетового очищення є хлорування, яке є

					MP TAM 23.18036. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

найпоширенішим методом. Хлор, діоксид хлору, хлораміни, гіпохлорит кальцію, натрій, ультрафіолет і озон можуть бути використані для дезінфекції. Ультрафіолетове очищення - це метод дезінфекції, у якому для знищення мікроорганізмів використовується ультрафіолетове випромінювання 254 Нм. Установа (рис.1.7) для знезаражування ультрафіолетом набагато економічніше в порівнянні із хлоруванням або озонуванням.



Рисунок 1.7 – Приклад дезінфекції ультрафіолетом

### 1.7 Сорбція води з масел

Термін служби силового трансформатора багато в чому залежить від експлуатаційних характеристик його ізоляційної системи, зокрема від стабільності трансформаторного масла, використовуваного в якості

					MP TAM 23.18036. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

охолоджувача.

Функція ізолюючого масла в силових трансформаторах полягає в забезпеченні ізоляції та охолодження. Ізоляційне масло в трансформаторах використовується разом з ізоляційним папером для формування системи ізоляції. Система ізоляції в маслonaповнених трансформаторах піддається змінним електричним, термічним і хімічним обмеженням, які відповідальні за її зношування згодом.

Присутність кисню та вологи в ізоляційній системі очевидно через роботи конфігурацій сапуна й руйнування целюлозних волокон в ізоляційних паперах. Кисень і вологість сприяють передчасній деградації масляної паперової ізоляції трансформатора, що приводить до підвищення кислотності масла та зниженню діелектричного опору паперу. Побічні продукти окиснення і гідролізу можуть бути розчинними в маслі або осідати на дні резервуара, сприяючи тим самим відкладанню масла. Розчинні побічні продукти діагностуються за допомогою спектроскопії, інфрачервоної спектроскопії з Фур'є-перетворенням, загального кислотного числа, коефіцієнта дисипації й міжфазного натягу. Точно так само нерозчинні побічні продукти визначаються кількісно по мутності, лічильнику часток і кількості кольору. Окиснення і гідроліз мінерального масла роблять кислоти з різною молекулярною масою. Кислоти з високою молекулярною масою будуть мати більш низьку спорідненість до целюлози, чим кислоти з низькою молекулярною масою. Це пов'язане з гідрофобною природою алкільної групи. Як було відоме, що розчинність важких стеаринових кислот обумовлена окисненням мінерального масла. Було помічене, що ці кислоти не адсорбуються папером, а залишаються в маслі. Пізніше було заявлено, що ці кислоти не агресивні відносно прискорення старіння твердої ізоляції. Кислоти з низькою молекулярною вагою ( до п'яти атомів вуглецю) є більш гідрофільними, чим кислоти з високою молекулярною вагою, які впливають на швидкість розкладання паперу в результаті

					MP TAM 23.18036. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

кислотного гідролізу. Оскільки ці кислоти не впливають на папір, поки вони залишаються розчиненими в маслі, саме нагромадження кислот у маслі приводить до утворення нерозчинних відкладань (бруду) і знижує діелектричну провідність масла. Це також може знизити теплообмінну здатність системи ізоляції, якщо вона адсорбується на поверхні твердої ізоляції або накопичується на внутрішній поверхні охолодних трубок, викликаючи тим самим термічне руйнування ізоляційного паперу.

Кислоти с низкою молекулярною масою є більш гідрофільними, чим кислоти с високою молекулярною масою, і виявляють більш сильний вплив на деградацію паперу. Кислоти накопичуються в маслі з нерозчинними відкладаннями та впливають на діелектричні властивості масла. Це також може перешкоджати тепловіддачі масла через осадження осаду на ізоляційному папері або в охолодних трубках, викликаючи термічне руйнування масла й паперу. Звичайною практикою є додавання інгібіторів окиснення в масло для досягнення контролю реакцій окиснення, однак ці інгібітори здатні лише до певного ступеня запобігати наслідкам окиснення. Для відновлення відмітних властивостей масла й досягнення властивостей, близьких до недоторканих умов, застосовується процес регенерації.

Головною причиною виходу з ладу трансформатора є те, що в ході експлуатації масло окисляється та вбирає вологу. При проведенні осушення трансформаторного масла вповільнюються процеси окиснення й збільшується термін служби трансформатора.

У цей час існують різні методи осушення масел: методи, засновані на поперемінному нагріванні та охолодженні, що дозволяють збирати розподілену вологу в краплі води, що випадають в осад; методи, засновані на розчиненні солей у водно-масленій емульсії, у результаті чого в осад випадають гідрати солей; а також широке поширення одержали методи фізичної сорбції води на пористих матеріалах. Використання сорбентів дозволяє знизити енергетичні витрати на осушення масел. Рекуперація сорбентів дозволяє використовувати їх

					<i>MP TAM 23.18036. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

повторно. Матеріалами, що дозволяють сорбувати воду з масел, є оксид алюмінію, силікагель, цеоліти, а також магнітні порошки на основі мікрочастинок оксиду заліза. Використання порошкових сорбентів вимагає наступну фільтрацію емульсії після сорбції.

Сам процес очищення проводиться на місці установки трансформатора:

- очисна установка підключається до нижньої частини
- масляного бака;
- масло надходить в очисний апарат, де проходить увесь необхідний цикл обробки;
- очищене масло вертається в трансформатор через розширювальний бачок.

Процес триває доти, поки фізичні та хімічні параметри рідини в баку не будуть відповідати припустимим параметрам.

При очищенні віддаляється тільки розчинені й зважені, у вигляді суспензії домішки. Бруд, що осів на дні та обмотках, залишається на місці.

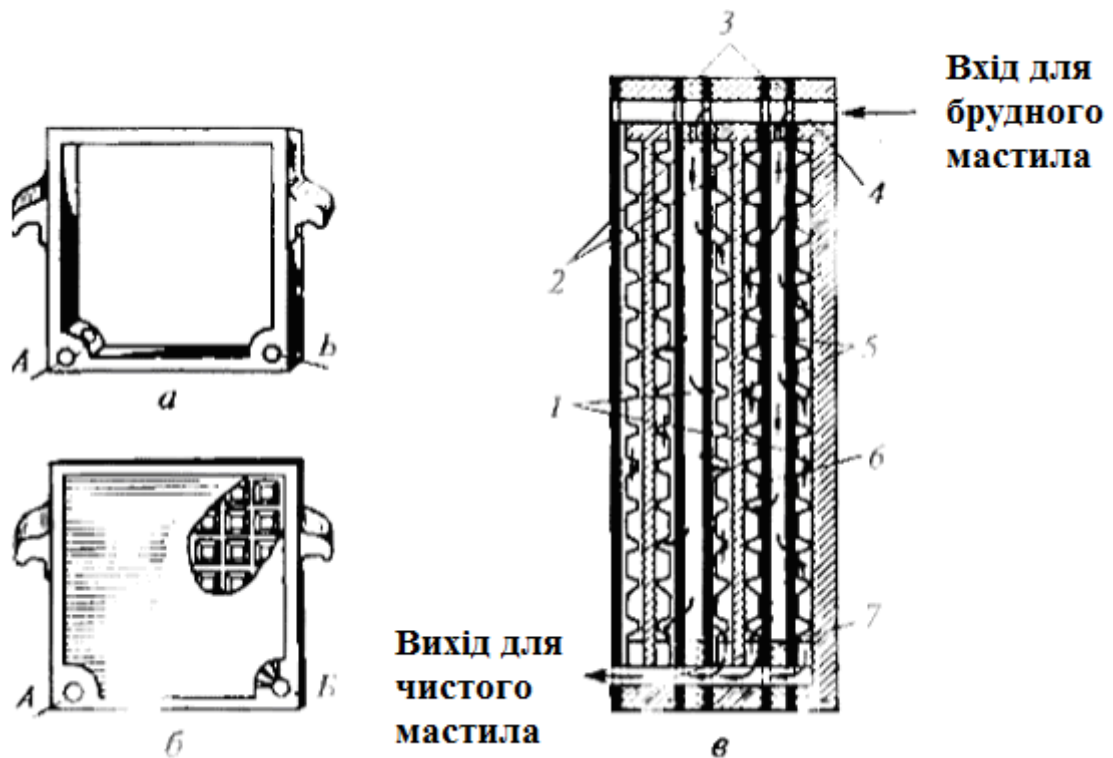
У процесі тривалої експлуатації характеристики масла погіршуються, тому при ремонті його піддають обробці: видаляють механічні домішки, вологу («сушать») і розчинені гази, шляхом регенерації відновлюють підвищену кислотність масла. Очищення масла від вологи та механічних домішок. Для видалення з масла вологи та механічних домішок застосовують центрифуги (рис. 1.8). Барабан, вмонтований у герметично закритий корпус 1, складається з великої кількості конусоподібних тарілок з отворами. Тарілки розташовані паралельно одна над іншою на загальному вертикальному валу на відстані один від іншого, рівному декільком десятим часткам міліметра. Призначення тарілок — розділити рідину на ряд тонких шарів і тим самим збільшити.

					MP TAM 23.18036. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21





Паралельне включення камер створює більшу фільтруючу поверхню й збільшує продуктивність преса.



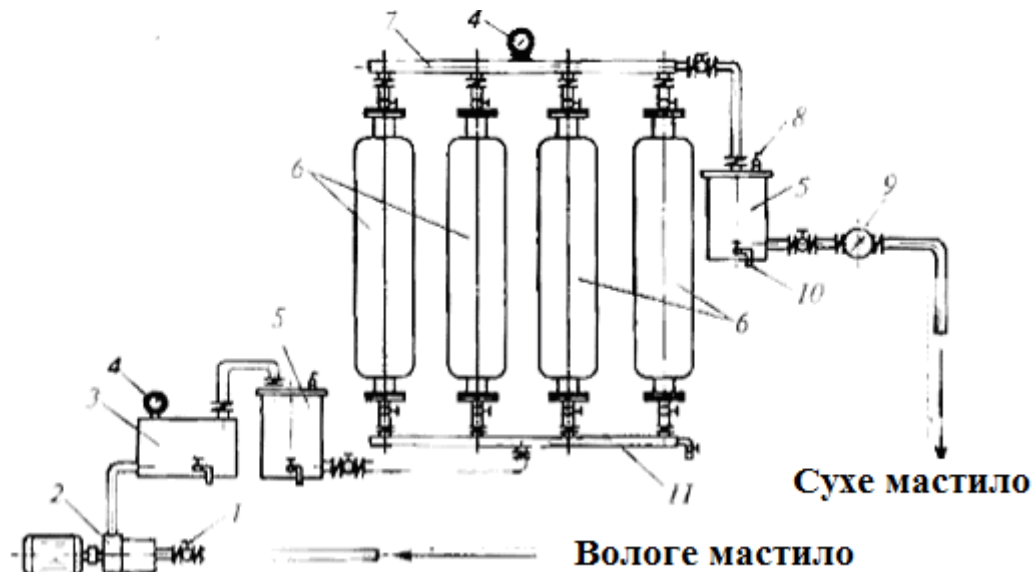
(а – рама; б – пластина; в – схема роботи)

1 – камери; 2 – щілини; 3 – рами; 4 і 7 – наскрізні отвори; 5 – фільтрувальний папір; 6 – пластина.

Рисунок 1.10 – Внутрішня схема фільтр-прес

### 1.7.1 Сушіння масла в цеолітових установках.

Широко розповсюджений спосіб сушіння масла проводиться однократним фільтруванням масла через шар молекулярних сит. Сита, виконані зі штучних цеолітів. Установка (рис.1.11) складається з 6 адсорберів, повністю заповнених цеолітами. Верхня горловина адсорбера закрита знімною металевою сіткою. Масло через нього перекачується насосом. У нижній частині адсорбера є денце з металевої сітки, яке служить опорою для молекулярних сит. Для підігріву масло служить електронагрівник.



1 – вентиль; 2 – насос; 3 – електронагрівач; 4 – манометр; 5 – фільтри; 6 – адсорбери; 7 - верхній колектор; 8 – кран для випускання повітря; 9 – об’ємний лічильник ; 10 – кран для відбирання проб та зливання; 11 – нижній колектор

Рисунок 1.11 – Схема цеолітової установки

Є два фільтри 5. перший служить для очищення масла від механіки. Другий на виході сухого масла з абсорбенту. Зберігають цеоліти у вологонепроникній тарі.

### 1.7.2 Регенерація кислих масел.

Основний спосіб очищення масла від води є кислотно-лужноземельний.

При цьому способі використовують сірчану кислоту, яка зв’язує й ущільнює нестійкі з’єднання масла в кислий гудрон. Гудрон відстоюють, а кислоту нейтралізують лугом.

Масло промивають дистильованою водою. Для неглибокої регенерації масла в ремонтній практиці застосовують силікагель. У силікагелю є головна перевага, це його багаторазове використання шляхом підігріву до 500 °С.

### 1.7.3 Дегазація трансформаторного масла.

Присутність кисню в маслі викликає погіршення діелектричних властивостей і окислення. Вакуумування й дегазація проходять у спеціальних установках-дозаторах. Дозатор складається із двох бачків з кільцями Рашига. Вакуум у баках підтримують вакуумним насосом. Розпилювачі на кришках рівномірно наносять масло по всьому обсягу бака масло. Рівномірно стікаючи, масло дегазується під вакуумом.

### 1.7.4 Фізико-хімічні способи

Методи обробки нафтопродуктів:

1. Коагуляція проводиться за допомогою електролітів,
2. Абсорбція втримує бокситами, силікагелем бруди. Основний недолік абсорбції утилізація їх.
3. Селективним способом розчиняють окремі домішки. Розчинником є фенол, ацетон.
4. Іонно-обмінний метод поглинає домішки. такі як кислота, але не можна буде вилучити смоли (рис.1.12).



Рисунок 1.12 – Приклад очищення масел

					MP TAM 23.18036. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

### 1.7.5 Хімічні методи регенерації

1. Сірчаноокислотна обробка нафтопродуктів. Недоліком є утворення гудрону.

2. Гідроочищення відбувається під високим тиск і температури воднем нафтопродуктів.

3. Лужне очищення нафтопродуктів відбувається шляхом обробки гідроокисом і карбонатом натрію.

### 1.7.6 Методи видалення вологи

1. Термовакuumне сушіння.

2. Центрифугування - поділ рідини на фракції.

3. Ультразвукова кавітація. Одержувані пухирці спливають і віддаляються з поверхні.

Отже, існує необхідність вивчення методів фільтрації масла, які поліпшують строк корисного використання масла й, отже, представляють економічний і екологічний інтерес. Крім існуючих методів обробки масла, заснованих на процесах дистиляції, адсорбції та іонного обміну, метод мембранної техніки може бути цікавою альтернативою для обробки мінеральних масел. Методи мембранної фільтрації є простими, ефективними й економічними методами, які можуть застосовуватися для поділу зважених і розчинених часток в ізоляційних маслах. Мембранні методи мають потенціал для селективного поділу найменшого й розчиненого вмісту розпаду в маслі.

### 1.8 Області застосування ПДМС

Полідиметилсилоксан з відкритими порами (губка PDMS) є дуже привабливим матеріалом, який має безліч різних застосувань [35], включаючи виготовлення гнучких провідників [15, 29], датчиків [12, 17, 31], пристроїв збору та нагромадження енергії [19, 26, 27], каталіз [16, 18,

					MP TAM 23.18036. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

21] і багато інші. Завдяки гідрофобним властивостям ПДМС, виготовлені з неї губки дуже ефективно поглинають неполярні органічні сполуки, такі як масла та інші вуглеводні, з води [20, 28, 30], що дозволяє застосовувати їх для очищення води.

Однак у деяких випадках відбувається зворотне - видалення води з неполярних органічних речовин. Наприклад, зневоднювання вуглеводнів необхідно в процесі нафтового риформінгу й видобутку нафти. Іншим прикладом є зневоднювання трансформаторного масла, коли присутність води в маслі може привести до руйнування електроізоляції. Фізична адсорбція [23, 24] на твердих матеріалах є одним з найбільш перспективних підходів до проблеми через простоту й низької вартості. Сорбуючі матеріали, здатні збезводнювати вуглеводні, включають порошки із силікагелю, сульфату кальцію, кілька марок глинозему [14], деякі полімерні мікрочастинки [23] або суміш часток магніту на основі оксиду заліза [24]. Велика перевага таких матеріалів полягає в тому, що вони можуть використовуватися в багатьох циклах [22]. Основним слабким місцем є необхідність фільтрації порошку від рідини після використання. Існують також хімічні методи, засновані на взаємодії води й солей з утворенням твердих гідратів у вигляді осаду, які згодом повинні бути вилучені [11]. Демульгування на основі заморожування / відтавання є іншим підходом [25], основним недоліком якого є висока вартість. Повідомлялося, що губка Smart PDMS з, що перемикається змочуванням залежно від pH [33] дозволяє сорбувати воду з неполярних рідин, але тільки в сильнокислому середовищі. Губки PDMS із супергідрофобними (олеофільними) властивостями з використанням мікрочастинок NaCl у якості твердого шаблону описані в [34].

### 1.9 Висновки по розділу

У даному розділі був проведений аналітичний огляд очищення стічних вод і осушення промислових масел, їх процеси й особливості.

					<i>MP TAM 23.18036. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

## 2 МАТЕРІАЛ І МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 2.1 Матеріал виробу

У якості матеріалу для досліджень був обраний ПДМС фірми Sylgard 184 (США), що має структурну формулу (рис. 2.1), у комплект якого входить базова рідина і єднальний агент (рис.2.2).

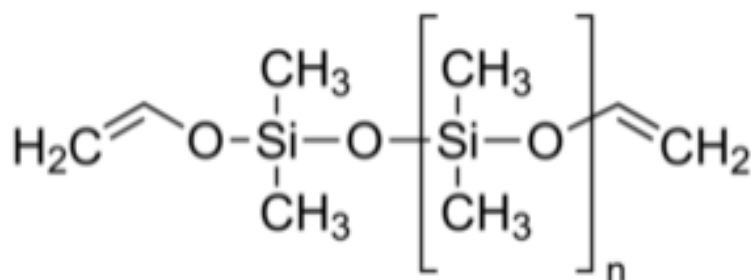


Рисунок 2.1 – Структурна формула ПДМС



Рисунок 2.2 - Комплект Sylgard 184 представлені,  
а) базова рідина, б) єднальний агент

					MP TAM 23.18036. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

## 2.2 Методика одержання

У даній роботі для одержання досліджуваного матеріалу використовувалася методика одержання, заснована на введенні до базового складу розчину, що зв'язує агента. Нововведення полягало в тому, що в базову рідину додавалися різні домішки, які згодом, після полімеризації, кардинально міняли хімічні та фізичні властивості полімеру, що вийшов. До таких домішок віднесли різні спирти, а також розчинні у воді, тверді порошкоподібні реагенти.

Складність і труднощі одержання таких зразків полягали в створенні зовсім нових продуктів з невідомими ключовими змінними, які, звичайно, згодом минулого виявлені, у роботі вони будуть розглянуті далі в наступних розділах і підрозділах.

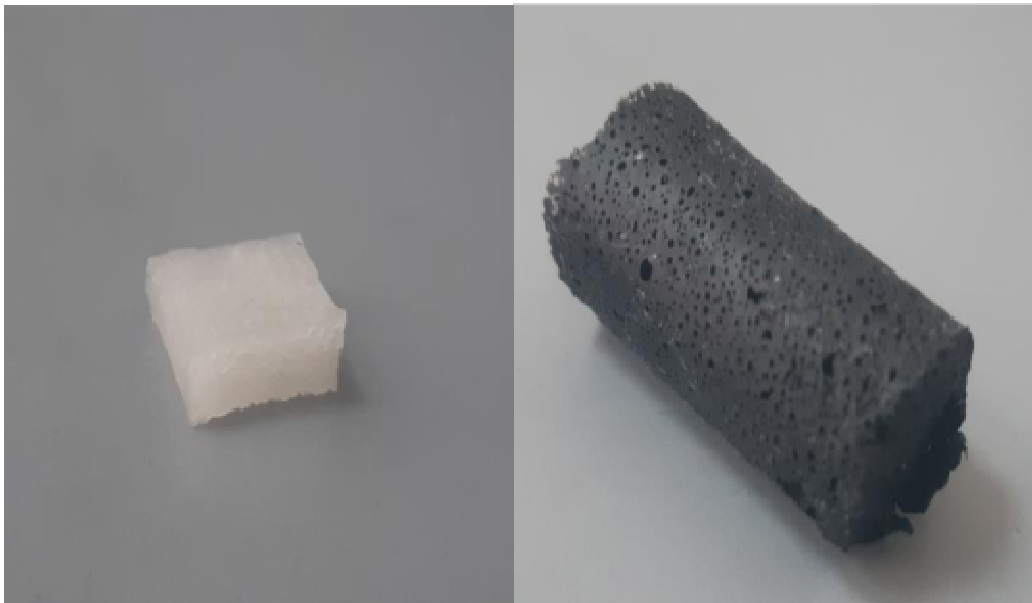
Так само в роботі були досліджені різні форми отриманих сорбентів (рис. 2.3). Від сорбентів з вмістом вугілля довелося відмовитися, тому що вугілля виступало одним з конкурентів для отриманих полімерів.



а)

б)

					<i>MP TAM 23.18036. 000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>30</i>



в)

г)

Рисунок 2.3 – Приклади отриманих полімерів, а) круглої форми, б) циліндричної форми, в) круглої форми, зразок, модифікований вугіллям.

### 2.3 Методики дослідження поверхні.

Поверхневу структуру полімеру досліджували за допомогою зондового мікроскопа Solver P47H (рис.2.4), але згодом довелося відмовитися від цієї ідеї у виді сильного розкиду по твердості отриманих зразків, а саме в тому, що зонд у режимі контактного сканування переміщається безпосередньо по досліджуваній поверхні, у нашому випадку такі виміри вийшли тільки з найбільш пружними зразками, в інших випадках вийшло забруднення зонда і як наслідок відображення недійсних даних.



Рисунок 2.4 – Загальний вид мікроскопа Solver P47H

В'язкість вимірялася на віскозиметрі Brookfield DV2T особливості якого будуть описані далі. Дослідження на в'язкість проводилися з однієї лише метою: визначення часу полімеризації точним способом, а не способом добору. Звідси були отримані споконвічні дані, а також дані при використанні деяких домішок. Проаналізувавши ситуацію та через сильну відмінність зразків, було прийнято уніфіковане рішення про процес полімеризації. Зміст полягав у тому, що ще не полімеризований розчин з усіма, що включають, містився у витяжну шафу виконуючим роль печі (рис. 2.5) під  $115^{\circ}\text{C}$ . Час у

					MP TAM 23.18036. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

свою чергу варіювалося від двох складових, тверді домішки прискорювали полімеризацію, рідкі домішки навпроти сповільнювали. У звичайних умовах потрібно 30 хвилин при даній температурі, щоб пройшов процес полімеризації, але з урахуванням відмінностей у хімічному складі середній час варіювався від 30 до 60 хвилин, а далі зразки або остигали в печі до повної полімеризації, або їх можна було вже витягати.



Рисунок 2.5 - Сушильна шафа

## 2.4 Методика обробки зразків, і дослідження пористості

Після добування зразків, їх поверхня очищалася від твердих домішок, що випали в осад, споконвічний полімер не має ніяких осадів, і він кристально прозорий. Після механічного очищення, зразки містилися у водні ванни з метою розчинення твердих домішок зі зразків. Цей процес може протікати різна

					MP TAM 23.18036. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

кількість часу, ціль якого максимально очистити зразок від речовин, що вимиваються. Є кілька видів даного процесу, усіх їх поєднує наявність зразка у воднім середовищі, відмінності ж полягають в термомеханічних умовах навколишнього середовища:

- Перший варіант представляє із себе самий повільний серед інших, основний в міст якого в простім помещенні полімеру у водне середовище на добу.

- Другий варіант полягає в тому, що крім помещення зразка у водне середовище, полімер зазнає термічній обробці – а саме нагріванню ємності в якій перебуває зразок разом з водою.

- Третій варіант складається із другого, але вода вже нагрівається до температури кипіння.

- Четвертий варіант використовує ультразвукову ванну для більш великого впливу води на зразок.

- П'ятий варіант включає четвертий, але крім ультразвукових коливань, ванна ще підігрівається.

У кожному варіанті по закінченні певного часу необхідно поміняти воду, через її насичуваність розчинними речовинами.

Після кожної процедури зразки містяться в піч під  $70^{\circ}\text{C}$  на кілька діб, по проходженню яких проводилася перевірка поверхні полімеру на наявності випадання осаду. У випадку відсутності осаду, проводився додатковий цикл промивання й просушки щоб гарантувати максимальний ступінь очищення.

Існувала ймовірність пересушити зразок у процесі просушки, що у свою чергу впливало на пористість, полімер склеювався, тим самим заповнюючи пори, що у свою чергу зменшує сорбційну ємність зразка. Тому було ухвалене рішення сушити зразки при не високих температурах, але тривало.

Отримані зразки вже зазнали дослідження. Усього було розглянуто 3 основних напрямку досліджень.

					<i>MP TAM 23.18036. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Основні дослідження:

- 1) Дослідження сорбції модального забруднювача у вигляді метиленовий синій
- 2) Дослідження сорбції модального забруднювача у вигляді фенолу
- 3) Дослідження сорбції води з масел.

Досліджень на пористість зразків, проводилося винятково для зразків, що показали найкращі результати, це робилося у зв'язку з високим завантаженням приладу, що вимірює. Пористість отриманих полімерів вивчалася методом BET Thermo Scientific Surfer (рис. 2.6). Хімічний склад аналізувався за допомогою EDX 8000 Shimadzu (рис. 2.7).



Рисунок 2.6 – Thermo Scientific Surfer

					MP TAM 23.18036. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35



Рисунок 2.7 - EDX 8000 Shimadzu

## 2.5 Методики роботи із приладами для аналізу результатів на сорбцію

Спектрофотометр ПЕ-5400В (рис. 2.8) використовують у фотометричних методиках кількісного аналізу, дотримуючись лабораторних вимог різних галузей народного господарства. Його застосовують для контролю складу ґрунту, повітря, води, а також при аналізі металів і сплавів, хім. продукції й інших речовин. Спектрофотометр має хімічно стійки корпус із брызкозахисною клавіатурою, що забезпечує великий строк його експлуатації в агресивних середовищах. Даний прилад дозволяє автоматично розраховувати концентрації аналізованих проб і зберігати в пам'яті до 50 масивів даних. Нижче (таблиця 2.1) відбиті технічні характеристики. На інформативному висококонтрастному дисплеї одночасно відображаються значення та оптичної щільності, і коефіцієнта пропусчення й довжини хвилі. Спектрофотометр містить у комплекті програмне забезпечення для збору та обробки результатів дослідження на персональному комп'ютері. Приєднання відбувається через USB порт.

					MP TAM 23.18036. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Прилад стабільний у показаннях і не вимагає перевірки метрологічних показань. Для роботи на спектрофотометрі немає необхідності в додатковій підготовці.

У ході цієї роботи спектрофотометр використовувався для дослідження сорбентів.

Таблиця 2.1. - Технічні характеристики спектрофотометра

Спектральний діапазон, Нм	від 315 до 1000
Діапазон вимірів спектральних коефіцієнтів спрямованого пропущення, %	від 0,1 до 99
Діапазон показань спектральних коефіцієнтів спрямованого пропущення, %	від 0 до 200
Діапазон показань оптичної щільності, Б	від -0,3 до 3,0
Межа абсолютної похибки що допускається спектрофотометра при вимірі коефіцієнтів спрямованого пропущення, %:	
- у спектральному діапазоні від 400 до 800, Нм	±0,5
- в іншому спектральному діапазоні	±1,0
Похибка установки довжин хвиль, Нм, не більш	±1,0
Спектральна ширина щілини, Нм	4
Рівень розсіяного світла ( при $\lambda=340$ нм), %, не більш	0.3

Розміри (д х ш х в), мм Маса, кг, не більш	470×370×180 12
Споживана потужність, В А, не більш	35
Середній термін служби, років	8
Наробіток на відмову, год, не менш	6400
Напруга живлення частотою (50±1) Гц, В	220+22 -33
Умови експлуатації	
- діапазон температур навколишнього повітря, °С	від 15 до 30
- діапазон відносної вологості навколишнього повітря ( при 25°С), % не більш	80
- діапазон атмосферного тиску, КПа	від 84 до 106



Рисунок 2.8 - Спектрофотометр ПЕ 5400

В'язкість рідин визначається за допомогою приладів - віскозиметрів. Їх

					МР ТАМ 23.18036. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

існує кілька типів різних по своїй конструкції й принципу дії. Основними з них є капілярні віскозиметри, віскозиметри витікання та ротаційні віскозиметри. Величина в'язкості рідини в останніх віскозиметрах визначається по швидкості обертання рухливого циліндра при заданому крутному або, навпаки, по крутному моменту, що викликає задану швидкість.

Віскозиметри ротаційні DV2T (рис. 2.9), DV3T використовують для вимірів динамічної в'язкості рідин у лабораторних умовах. Вони складаються з вимірювального блоку, набору роторів і штатива. Принцип роботи віскозиметрів Брукфільда ротаційних DV2T, DV3T заснована на вимірі крутного моменту ротора, створюваного досліджуваним продуктом. Зміна крутного моменту ротора визначається датчиком кута обертання по закручуванню вимірювальної пружини. Інтервал виміру в'язкості залежить від розміру та форми застосовуваного ротора й швидкості його обертання.

Дані прилади використовують вимірювальні системи: дискові шпинделі, системи циліндр у циліндрі й системи конус-плита. Віскозиметри мають сенсорний дисплей, який робить керування, введення даних, вивід результатів вимірів у системі СГС або в системі SI.

Віскозиметри оснащені стандартними інтерфейсами USB для підключення до комп'ютера та для зберігання результатів вимірів на запам'ятовувальному USB Flashdrive накопичувачі. Є програмне забезпечення, яке проводить розрахунок динамічної в'язкості залежно від обмірюваного крутного моменту. Завантаження програми здійснюється автоматично при включенні віскозиметра, у момент завантаження відображається поточна версія програмного забезпечення. Програма дозволяє вибирати необхідний код вимірювального пристрою й швидкість обертання. Віскозиметри мають вбудоване ПО, призначене для керування роботою віскозиметрів і процесом вимірів, зберігання й обробки отриманих даних. RHEOCALC – це програма для автоматичного відображення результатів виміру в'язкості в реальному часі, передачі даних із приладу на ПК і виводу

					<i>MP TAM 23.18036. 000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		39

графіків у необхідному форматі. Програма дозволяє не тільки наочно спостерігати процес виміру в графічному виді, але й зберегти результати для наступного аналізу в'язкості зразка.

У цій роботі віскозиметр використовувався для аналізу в'язкості різних зразків композитів із часом.



Рисунок 2.9 - Віскозиметр DV2T

Чистота прозорих водяних розчинів вимірялася за допомогою спектрофлуориметру (рис. 2.10), що працює на принципі флуоресценції - явище люмінесценції називається феноменом певних видів речовини, що випромінює світло при поглинанні різних енергій, без залучення тепла. Вид світіння, який випромінюється при впливі ультрафіолетових або видимих променів, називається фотолюмінесценцією.

					MP TAM 23.18036. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40



Рисунок 2.10 - RF-6000 Shimadzu

Флуоресценція та фосфоресценція, характерні для фотолюмінесценції, мають відтінки, відмінні від відбитого або прозорого кольору речовини, і випромінюють світло з більш довгими довжинами хвиль, чим світло, що опромінюється.

Відомі приклади включають зелений колір, що випускається барвником (еозином), який утримується в червоному чорнилі при денному світлі, і блідо-синій колір, що випускається фосфором, що втримуються в мийному засобі, при прилипанні до поверхні сорочок.

На додаток до видимого світла флуоресценція також випускається в рентгенівському, радіаційному й катодно-променевому спектрах, і вони

					MP TAM 23.18036. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

відповідно позначаються як «рентгенівська люмінесценція», «радіолюмінесценція» і «катодолюмінесценція». Відзначимо, однак, що світло, випромінюваний світлячками, є результатом хімічної реакції в клітках між киснем і люциферином у присутності люциферази, яка називається процесом "хемілюмінесценції".

Крім усього іншого використовувався спектрометр Irtaker-100 Фур'є для ще однієї перевірки результатів.

Спектроскопія найбільш інформативний метод дослідження складу речовини. Сучасні інтерференційні спектрометри, які працюють із використанням перетворення Фур'є, невід'ємною їхньою частиною став комп'ютер, що дозволяє швидко виконувати обчислення. Завдяки ним Фур'є - спектрометри забезпечують високий дозвіл, і перевершують оптичні прилади по інформативності.

Основна відмінність Фур'є-спектрометрії від класичних методів оптичної спектроскопії полягає у відсутності диспергуючого елемента. У цьому методі першим етапом відбувається реєстрація інтерферограми випромінювання, а надалі за допомогою Фур'є-перетворення здійснюється обчислення спектра. Фур'є-спектрометр здатний одночасно реєструвати весь досліджуваний спектр, що відрізняє його від інших типів спектральних приладів. Фур'є-спектрометри дозволяють визначити структурні характеристики полімерів і модифікаторів.

Ік-фур'є спектрометр Irtacer-100 (рис.2.11) призначений для рішення різних дослідницьких завдань і для якісного й кількісного аналізу об'єктів хімічної, автомобільної промисловості. Висока чутливість спектрометра (співвідношення сигнал/шум 60000:1) дозволяє проводити аналіз слідових кількостей домішок у різних зразках, незважаючи на невелику інтенсивність смуг, що цікавлять, у спектрі. Спектральний дозвіл Irtacer-100 рівне  $0,25 \text{ мм}^{-1}$  забезпечує високу точність кількісної ідентифікації смуг у спектрі. Інфрачервоні спектри поглинання, відбиття

					MP TAM 23.18036. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

або розсіювання несуть надзвичайно багату інформацію про склад і властивостях зразка. Зіставляючи Ік-спектр зразка зі спектрами відомих речовин, можна ідентифікувати невідома речовина, визначити основний склад полімерів.

У Фур'є-спектрометрі застосовуються персональні комп'ютери, які дозволяють не тільки виводити інформацію на зовнішній носій, але й проводити обробку отриманих спектрів. Для керування Ік-Фур'є-спектрометром використовується програма Fspec, яка спочатку одержує інтерферограми, а потім перетворює їх у спектр, проводить первинну обробку й представляє дані в графічному виді на екрані монітора або принтері.

У ході роботи досліджували зміна спектра після сорбції.



Рисунок 2.11- Спектрометр Irtaker-100 Ік-Фур'є

#### Висновки по розділу

У даному розділі були розглянуті досліджувані полімери й методика для їхнього одержання, а також устаткування на якому вони досліджувалися.

					MP TAM 23.18036. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

### 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ І ЇХ ОБГРУНТУВАННЯ

#### 3.1 Дослідження отриманих полімерів

##### 3.1.1 Дослідження особливостей у процесах, для одержання зразків

Як і в будь-якій іншій науковій діяльності, довелося зіштовхнутися з перешкодами, які сповільнювали просування досліджень. Навіть маючи на озброєнні вже відому методику одержання стандартних зразків, озвучену раніше, і маючи запас знань закордонних джерел. Труднощі представляли із себе відсутність реагентів, і приладів для повторення вже відомих експериментів. У зв'язку із чим, довелося діяти по двом напрямкам.

Перший напрямок представляв із себе теоретичний аналіз ситуації й прогнозування результатів, отут необхідно було мати поняття що буде отримано після полімеризації та приблизно які властивості буде мати.

Другий ж напрямок був практичним і прямим продовженням першого, звичайно ж не без методу «Проб і помилок», тому що відсутність результату є теж результат.

Перед одержанням зразка, який уже був сорбентом необхідно було його модифікувати. Для цих цілей була проведена не одна нарада із приводу правильного погляду на результат. У підсумку вибір припав на логічний, кінцевий зміст продуктів у зразку, а саме процентне співвідношення домішок до готового продукту. Отут була модифікована таблиця по полімеризації, відмінність полягала в спрощенні та автоматичному перерахуванню вхідних речовин від загальної маси отриманого полімеру.

Наступна короткочасна проблема, що представляє собою осадження твердих домішок на дно (рис.3.1) ємності для полімеризації, порушуючи тим самим однорідність отриманого полімеру, була викликано двома змінними.

					MP TAM 23.18036. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44



Рисунок 3.1 – Осад твердих домішок на дні отриманого зразка

- Перша змінна не настільки істотна, але й вона впливала на подальший полімер, а саме перемішування до процесу полімеризації. На самому початку для одержання перших даних використовувалося ручне перемішування, воно звичайно викликало неоднорідність.

- Друга змінна це тривалість полімеризації. Споконвічно тривалість полімеризації становила 1-2 години з урахуванням температури 70~90 градусів. Не варто забувати, як було озвучено раніше при додаванні рідких домішок розчин виходив більш текучий, і при підвищенні температури його щільність зменшувалася за рахунок чого частки могли легше осісти на дно полімеру.

Провівши ряд експериментів, були виключені вищеописані змінні, а саме при одержанні подальших зразків використовувалася механічна мішалка (рис.3.2), а для виключення осадження домішок використовувався інший режим, 115<sup>0</sup> С і 15 хвилин. Така швидка полімеризація гарантувала мінімальну розбіжність по однорідності вгорі та унизу отриманого полімеру.

					MP TAM 23.18036. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45



Рисунок 3.2 - Механічна мішалка

Була присутня проблема добування зразків з ємностей.

Споконвічно використовувалися лабораторні пластикові пробірки. Один з декількох виходів для добування полімерів без модифікації їх склад це розрізування пробірки. Звичайно ж були випадки ушкодження зразків (рис 3.4, 3.5). Так само розглядалися й випробовувалися варіанти зі створенням стрижня, через який можна було витягтися зразок отут була присутня ймовірність розірвати зразок якщо він був недостатньо міцним. В іншому ж випадку застосовувалося змащення маслом для стінок пробірки для більш легкого добування, але отут уже йде часткова

					MP TAM 23.18036. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

модифікація поверхні, тому що до полімеризації в споконвічному розчині могло розчинитися деяка кількість масла. Ця проблема була вирішена, банальною заміною лабораторних пробірок на одноразові склянки. Із плюсів, яких гарна теплопровідність за рахунок тонких стінок, висока температура плавлення 130~140<sup>0</sup>С, низька собівартість.



Рисунок 3.4 – Ушкоджений зразок при добуванні, зазначене місце відриву

					MP TAM 23.18036. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47



Рисунок 3.5 - Пошкоджений зразок при отриманні

Наступна проблема полягала знову в неоднорідності полімеру. Отут уже набували чинності домішки, а саме надлишок рідких. Ситуація виглядала в такий спосіб, при додаванні домішок, крім межі розчинності, існує ще один - межа модифікації. Дослідним шляхом було виявлено що при перевищенні межі розчинності, рідкі домішки залишалися в однорідному стані усередині полімеру, при нагріванні вони починали кип'ятитися і як наслідок спрямовувалися на єдину відкриту поверхню, а саме нагору. Отут уже утворювалися надлишки цих рідин, які модифікували поверхню. Але в нас ще була межа модифікації. При дотриманні певних пропорцій можна було збільшити межу розчинності і як наслідок збільшити кількість рідких домішок. Разом при певних умовах можна збільшити кількість домішок у зразку без утвору надлишків рідин на поверхні. Виявлена межа модифікації становить 65% від загальної маси, і він полягає не перевищуючого межі по рідинах рівному 20% і залишку із твердих речовин.

					MP TAM 23.18036. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

### 3.1.2 Переваги

Одним із плюсів отриманих полімерів стала багаторазовість застосування. Цей процес полягав у насиченні сорбенту. Далі насичений сорбент міг зазнати одним з виявлених видів відчищення.

- Перший і самий довгий складається із занурення сорбенту у воду. - Другий складається з постійного проведення води через сорбент. І отут виникають логічні запитання:

- У чому ж суть отриманих сорбентів?

- Тільки чи, для нагромадження й переносу забруднювачів вони потрібні?

Відповідаючи на ці питання, можна привести приклад із практики на очисних спорудженнях. У більшості випадків уже насичені сорбенти утилізуються разом із забруднювачами в них, тому що процес їх очищення дороговартісний.

Отже, є багаторазовий сорбент, який може робити десорбцію у воднім середовищі. У випадку сорбції води з інших розчинів, отут проблем виникати не повинне, тому що воду можна витягти банальним термічним навантаженням. У випадку сорбції забруднювачів, і їх подальшому десорбції у воду, знадобитися додаткове устаткування, наприклад, перегінний куб, для випару одних речовин з інших. На виході виходить окремо вода, окремо розчинений раніше в ній забруднювач, подальша доля якого залежить повністю від переслідуваних цілей.

Простота одержання та добування вже які сорбували полімерів перебуває на конкуруючому рівні, вони не розсипаються й досить таки пружні щоб можна було безпосередне їх витягти. При використанні порошкових сорбентів, є труднощі їх окремої фільтрації, крім усього іншого порошкові сорбенти залишають домішки у воднім середовищі.

					MP TAM 23.18036. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

### 3.1.3 Дослідження сорбційної ємності

При проведенні випробування було виявлено що деякі з зразків стали гідрофільними [13] і як, отже, стали усмоктувати воду. Маючи у своєму розпорядженні не тільки дослідницький реманент, але й реактиви, були поставлені завдання, одержати зразок максимальної сорбційної ємності. Для досягнення якої було сполучено дві методики:

1) Утворення пор за рахунок впровадження розчинних порошоків у матрицю полімеру.

2) Зміна властивостей за рахунок рідких домішок.

Проведення експериментів по виявленню максимальної сорбційної ємності, саме отут і придалася межа модифікації. Для даних експериментів були підібрані різні умови для повноти картини.

В одному випадку використовувалася відкрита посудина з водою, у другому випадку використовувався закритий. За отриманими даними було виявлено що час до максимальної сорбції становить порядку 384 годин (Таблиці 3.1-3.3) це при певних максимальних припустимих концентрація домішок. При більш низьких процес сорбції просувався повільніше. Ми так само помітити, що занурені у воду на тривалий період дефектні зразки, ушкоджені раніше при процедурах очищення від твердих домішок, а саме пересушені, починали відновлюватися. Звичайно не у всіх випадках, але даний феномен дозволив скоротити відсоток браку, тому що ці експерименти проводилися ще до виявлення найкращих умов для отримання полімерів.

					MP TAM 23.18036. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Таблиця 3.1 – Зміна маси зразків з 0 до 22 годин

Концентрація октанова, %	Зміна маси, %					
	0	0	7,21	6,16	6,88	8,45
5	0	22,92	26,88	34,22	42,42	76,12
7	0	14,18	17,42	20,39	25,2	48,55
10	0	22,65	24,84	32,75	41,41	85,92
12	0	36,56	50,13	64,91	76,83	135,19
17	0	29,54	37,17	49,31	59,15	110,36
Час, годин	0	2,66	4	6	8	22

Таблиця 3.2 – Зміна маси зразків з 50 до 216 годин

Концентрація октанова, %	Зміна маси, %					
	0	22,79	29,28	35,92	40,37	42,95
5	131,63	163,27	269,18	301,74	365,7	383,65
7	96,21	122,17	201,18	239,53	309,22	381,08
10	164,84	215,44	310,97	360,86	389,56	451,94
12	213,35	267,63	452,86	483,75	539,94	591,16
17	176,02	223,12	370,42	425,46	519,81	619,34
Час, годин	50	72	144	168	192	216

					МР ТАМ 23.18036. 000 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



(а) з'єднання без 1-октанолу, але з різною концентрацією  $ZnCl_2$  (10-60% мас.)

(б) з'єднання без  $ZnCl_2$ , але з іншою концентрацією 1-октанолу (0-20% по масі).

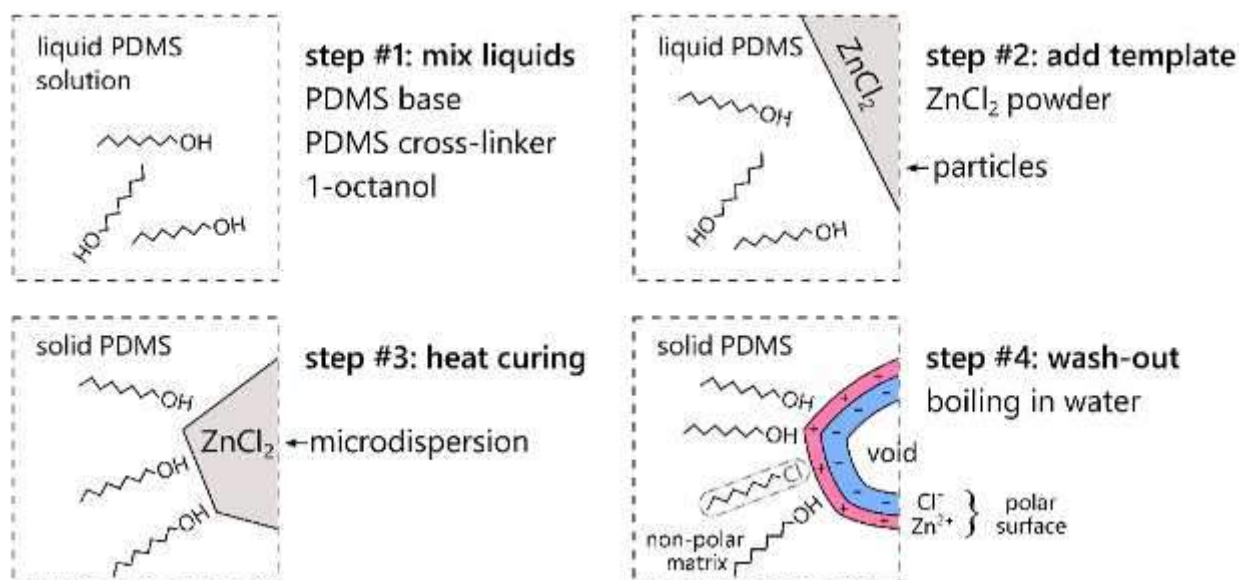


Рисунок 3.5 - Гідрофільна губка на основі ПДМС. Схематичне зображення процесу виготовлення.

Отримані губки із ПДМС зберігали в дистильованій воді в герметично закритій пластиковій ємності (рис.3.6). Маса та обсяг губок контролювалися протягом декількох днів, поки ці параметри не досягли насичення. Коефіцієнт вод поглинаючої здатності визначали, як відношення маси поглиненої води до маси губки. Крім того, ми провели додаткові виміри висушених зразків.

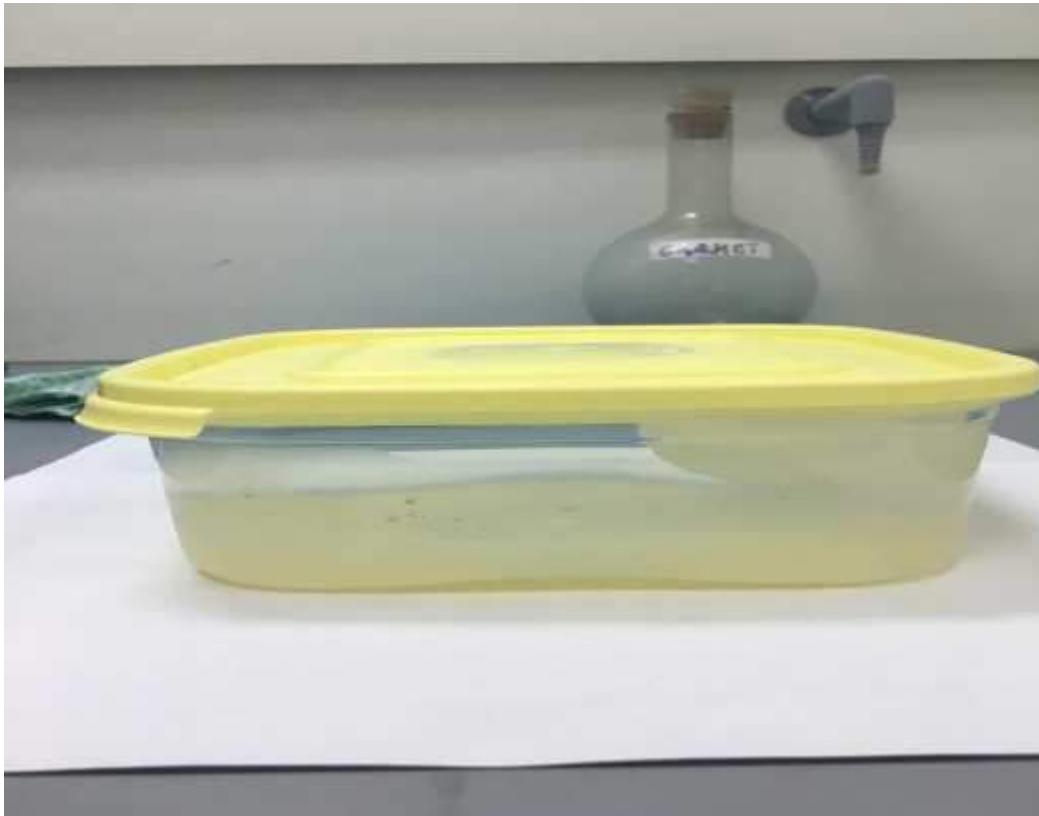


Рисунок 3.6 - Контейнер для сорбційного процесу

Щільність усіх свіжоприготовлених сухих зразків становила  $0,62 \pm 0,14$  г/мл, що визначали по їхній масі та обсягу. Площа поверхні сухих зразків досягала близько  $0,2 \text{ м}^2 / \text{г}$ . Попередній аналіз EDX показав наявність цинку й хлору.

У тестах на сорбцію води кількість води, поглиненої губками ПДМС, сильно залежало від концентрації 1 -октанолу в ПДМС (рис. 3.7, а). Для всіх концентрацій 1 -октанолу сорбційна здатність води була вища, чим у первинної ПДМС. Найвища сорбційна ємність (16 г води на 1 г губки або 1600%) спостерігалася для губки, отриманої з 17% 1 -октанолу. Цей результат значно перевищує типові результати 600– 800%, повідомлені для існуючих збездонювальних агентів у літературі [20, 28]. Зразки зі змістом 1 -октанолу, що перевищують 17%, не затверділи та не використовувалися для випробувань на сорбцію води. З'єднання без 1 -октанолу або  $\text{ZnCl}_2$  не

					MP TAM 23.18036. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

проявляли водопоглинення.

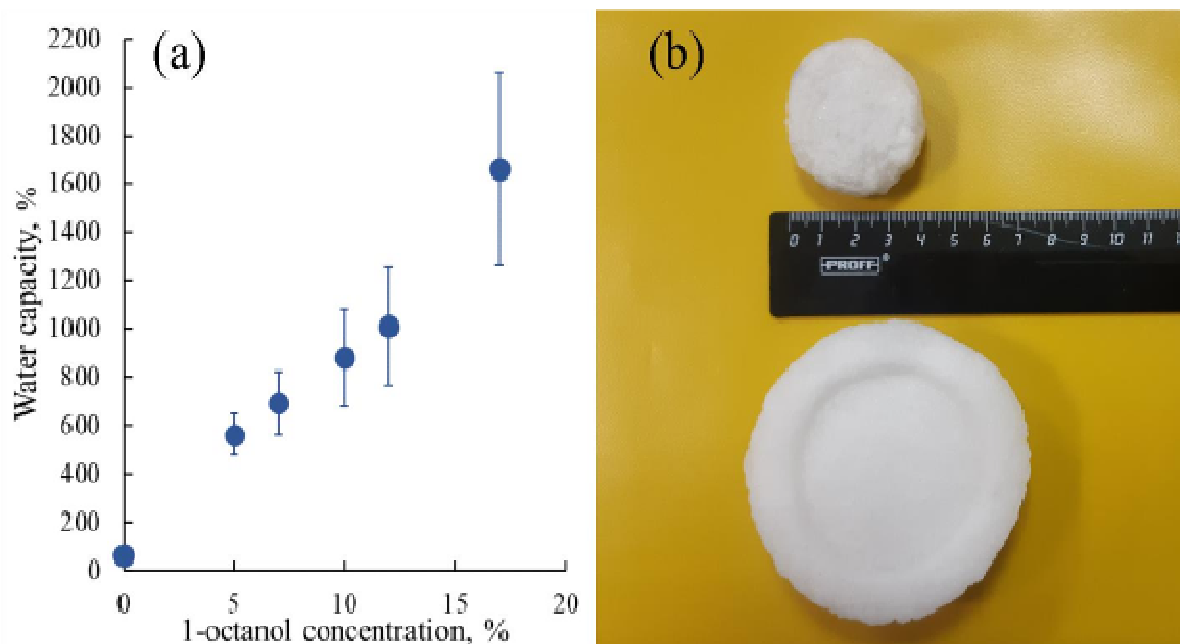


Рисунок 3.7 - Випробування водної сорбції гідрофільних губок ПДМС.

(а) Залежність водомісткості губки ПДМС від концентрації 1 -октанолу, використуваного при його виробництві. (б) Фотографія набрякання гідрофільної губки PDMS (17% 1 -октанол рецепт), до та після сорбційного тесту, і лінійка в [мм].

Низька площа поверхні, виявлена в тесті на пористість, і висока здатність до набрякання у воді дозволяють припустити, що губка має «сховану» пористість зі склеєними каналами. Природа цього тиску, що набухає, принципово нагадує осмотичний тиск, спостережуване в рідинних системах із селективними мембранами. Коли губка поринає у воду, сховані пори змушено відкриватися через іонну спорідненість полярних шарів до молекул води (рис. 3.8). Передбачається, що пари іонів  $Zn_2^+$  і  $Cl^-$  можуть утворювати полярний біслої, який збільшує змочуваність полімеру. Здатність пар  $Zn_2^+$  і  $Cl^-$  осідати в матриці PDMS сильно залежить від

концентрації 1 -октанолу в рецептурі. Примітно, що молекули 1 -октанолу добре розчинні в PDMS завдяки своєму неполярному органічному кістяку, де  $ZnCl_2$  розчинний в 1 -октанолі. Одержавши висновок, що сам порошок  $ZnCl_2$  виступає в якості шаблону для схованої пористості та полярного фактора тиску набрякання, тоді як 1 -октанол служить проміжним агентом для розчинності  $ZnCl_2$  у матриці PDMS. Зразок з 17% 1 -октанолу показує, що кут контакту води зменшився значно швидше, ніж зразок без 1 -октанолу. Результати повторюваних випробувань після сушіння виявилися в тих же межах, що й попередні виміри, що свідчить про можливість повторного використання матеріалу. Так само результати були опубліковані в статті [32].

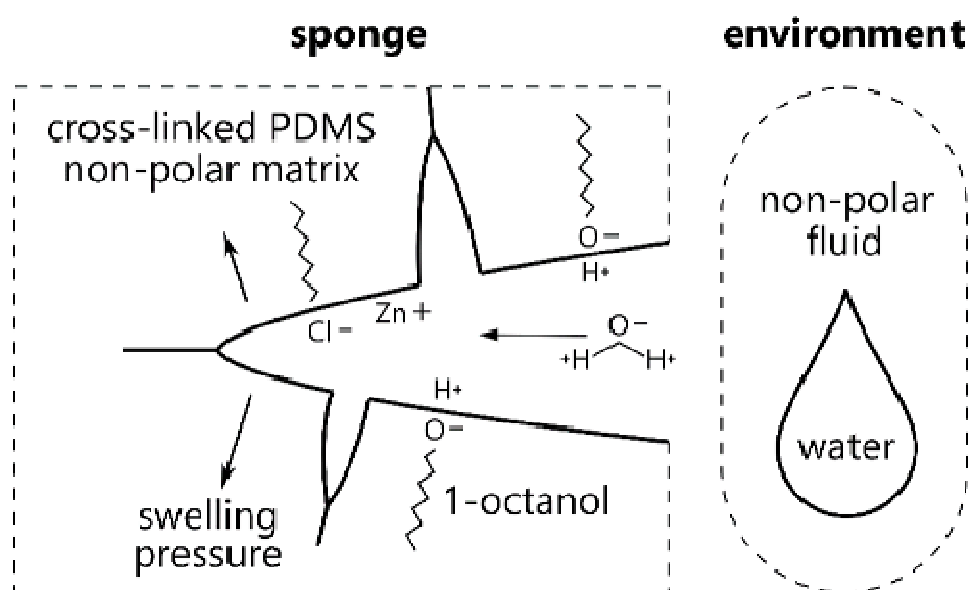


Рисунок 3.8. Набрякання гідрофільної губки ПДМС у водомісткому середовищі.

Схематичне зображення процесу набрякання, що показує тиск набрякання, викликане шаром з високою полярністю.

Крім  $ZnCl_2$  розглядалися й інші солі з підставами Zn і Cl. У їхньому числі  $ZnSO_4$ ,  $BCl$ ,  $NaCl$ ,  $KCl$ ,  $NhCl$ .

Замінивши споконвічну сіль на досліджувані, з'ясувалося, що за даних умов жоден з них не схожий на інший. Вони мали сорбційної ємністю, що не перевищує 2 первинних мас після одержання зразків.

### 3.2 Дослідження на сорбцію метиленовий синій.

Після проведеної підготовки, першою справою приступилися до випробуванню на сорбцію модального забруднювача метиленовий синій. Вибір припав саме на цей тип забруднювача через деяку особливість - він застосовується для оцінки очищення сорбентами води. Для фіксування результатів треба було вдатися до спектрофотомеру. Підготовлений розчин не повинен був перевищувати границь похибки устаткування, тому дослідним шляхом була отримана концентрація метиленовий синій в 6 ppm (рис. 3.9), тобто 6 мг на літр води.

При проведенні експериментів використовувалося 2 підходи:

- 1) Зразки поринають у розчин метиленовий синій
- 2) Через зразки пропускають метиленовий синій за допомогою насоса.

					MP TAM 23.18036. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57



Рисунок 3.9 – Концентрований метиленовий синій 6 ppm

Використовуючи перший варіант, зразки мінімально сорбували метиленовий синій, так само для порівняння було перевірено із крупно й дрібно дисперсним меленим вугіллям, результати були схожі. Тому в основному використовувався другий варіант (рис. 3.10). Щоб виключити похибку в цьому експерименті й у подальших, будь то сорбція шланга, або насадки, був окремо прогнаний розчин без полімеру. Після випробувань зразки так само зазнали відчищення (рис. 3.11). полімер, що найкраще показав себе, був отриманий на основі етиленгліколю 10% (рис. 3.12).

					MP TAM 23.18036. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58



Рисунок 3.10 - Процес сорбції метиленовий синій

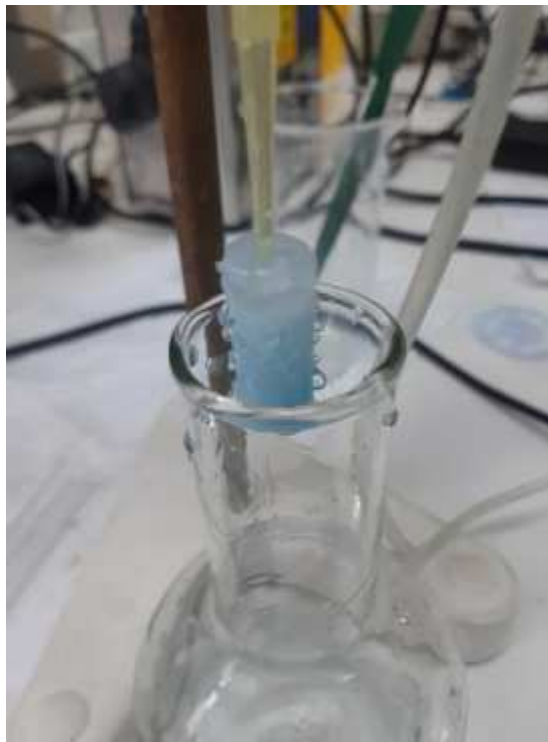


Рисунок 3.11 - Процес промивання зразка після сорбції метиленовий синій

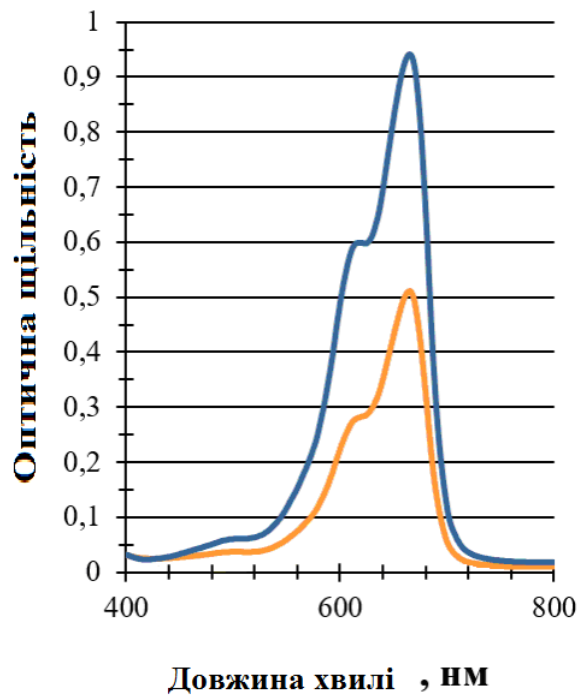


Рисунок 3.12 – Графік сорбції метиленовий синій, синім позначена споконвічна оптична щільність, жовтогарячим після проходження через зразок.

### 3.3 Дослідження на сорбцію фенола

Після позитивних результатів на сорбцію метиленовий синій, були початі експерименти на сорбцію розповсюдженого забруднювача у виробництві, а саме фенолу. Для даного дослідження був підготовлений модальний розчин фенолу рівний 1 ppm, тобто 1 мг на літр води (рис. 3.13). Використовувалися ті ж методи пропускання модального розчину, як і при випробуваннях з метиленовий синій. Відмінність же полягала в устаткуванні, отут довелося вдатися до спектрофлуориметра, і початковому його калібруванню. Для цього підготовлений відомий розчин на фенолі в 100 ppm, проводився вимір на приладі, і далі розбавляли отриманий розчин у двох, доти, поки не досяглися найбільш прийнятному мінімуму (Таблиця 3.4). У програмному забезпеченні спектрофлуориметра отримані дані автоматично

вибудувалися в криву, з якої надалі й рівнялися вже вимірювані дані.

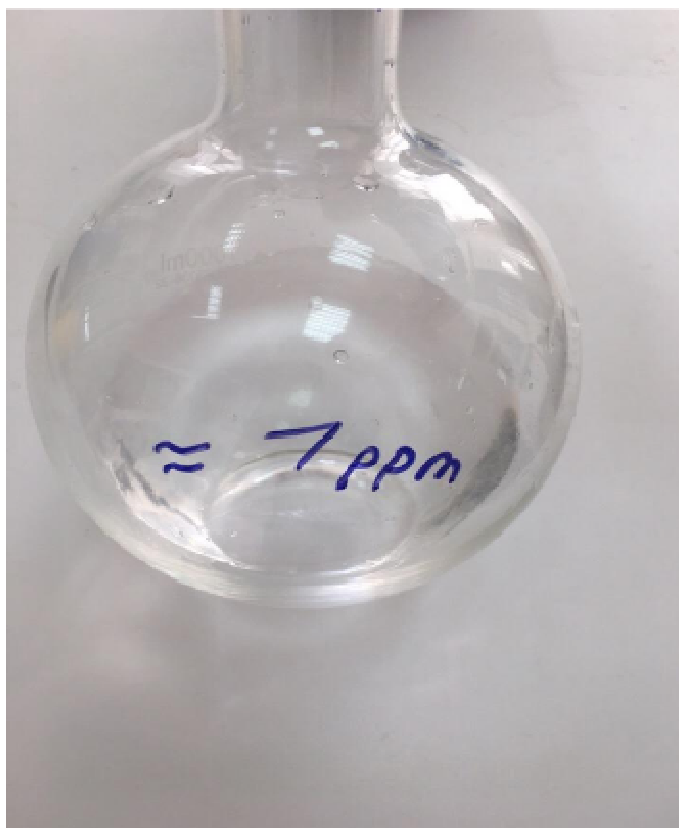


Рисунок 3.13 – Ємність, що містить у собі розчин фенолу 1 мг/л

Таблиця 3.4 – Концентрація фенолу у воді, ppm, використані для калібрування спектрофлуориметра

ppm	ppm (продовження)
100	0,7813
50	0,3906
25	0,1953
12,5	0,0977
6,25	0,0488
3,125	0,0244
1,5625	0,0122

Підготувавши спектрофлуориметр, уже проводилися безпосередньо під час експерименти.

Дослідження показали, що у відмінності від метиленовий синій, знаходження зразків у модальному розчині давало вже видимий результат, але в

рази повільніше чому пропуск розчину через полімер.

Під час експериментів на сорбцію фенолу, був виявлений  $ZnCl_2$ . Цей порошок сильно підштовхнув дослідження, а саме майже відразу був отриманий зразок на 1.4 бутандіоле, що має у своєму составі й  $ZnCl_2$ . При дослідженні групи даних полімерів з єдиною відмінністю в змісті 1.4 бутандіолу був виявлений лідер (рис. 3.14).

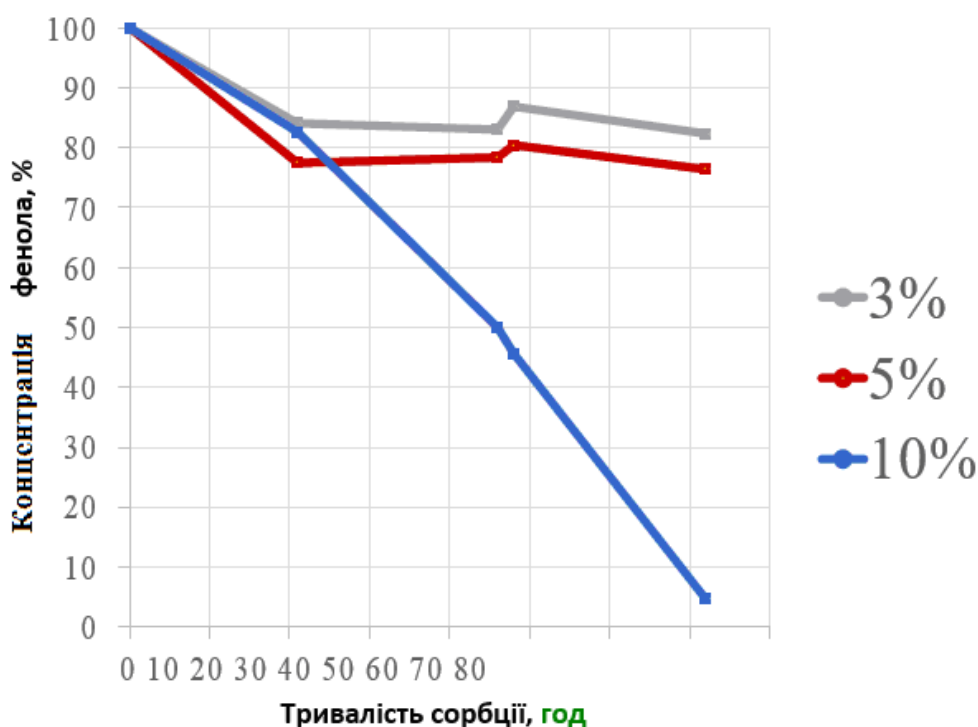


Рисунок 3.14 – Графік залежності сорбції фенолу від часу

### 3.4 Дослідження на сорбцію води з масел

Як описано вище, були виявлені гідрофільні властивості полімерів, тому почали паралельно проводити випробування з водомістким маслом. Даний вид експерименту відрізнявся від попередніх, тим що вимагав додаткову установку (рис. 3.15) для перевірки результату відповідно до ДСТУ [5].

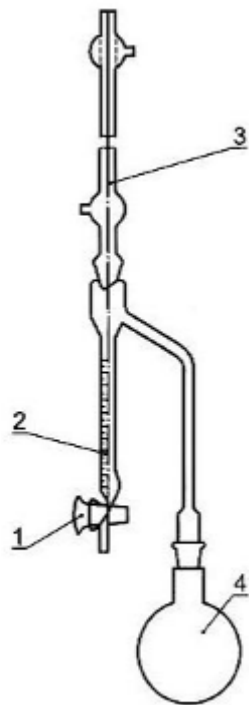


Рисунок 3.15 - Апарат зі скляною посудиною для перегонки, цифрами позначені: 1 - кран; 2 - пастка; 3 - конденсатор; 4 - скляна посудина

Отримані зразки були випробувані в процесі осушення обводненого трансформаторного масла з вмістом води 0,5% мас. Зразки були випробувані в якості фільтруючої мембрани. Масло після фільтрації не містило в собі домішок води.

Запропонований спосіб привабливий для застосування в нафтовидобутку та реформінгу. Він виграє високою ефективністю та ще й тим фактом, що сорбент має об'ємну форму, що дозволяє легко відокремлювати його від масла без використання фільтрів, на відміну від порошкових збезводнювальних агентів.

### 3.5 Висновок по розділу

У даному розділі розглянуті результати досліджень, а також коментарі до них.

					MP TAM 23.18036. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

#### 4 ПРОЕКТУВАННЯ СТАНДАРТНИХ ПУНКТІВ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

Я спробував вирішити питання проектування стандартних пунктів технічного обслуговування. Для цих пунктів, конкретно випробувано та затверджено, стандартні проекти майстерень для технічного обслуговування для 10-ти і 20-ти тракторів (ТП № 816—174 і ТП № 816—172), а також для 30-ти і 40-ти тракторів (ТП № 816—173 і ТП № 816—174). У цих майстернях проводять технічне обслуговування (ТО-1, ТО-2 і ТО-3) тракторів і самохідних шасі, комбайнів і складальних сільськогосподарських машин, сезонне технічне обслуговування тракторів і самохідних шасі, ремонт нескладних сільськогосподарських машин.

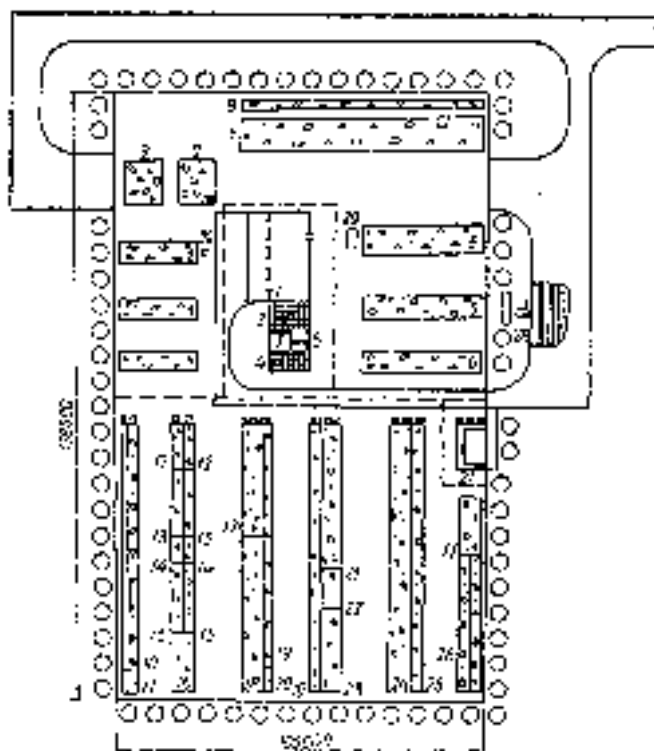


Рисунок 4.1 - Представлено схему пункту технічного обслуговування машино-тракторного парку для 30 тракторів:

1 — майстерня; 2 — майданчик для ремонту машин; 3 — навіс для регулювання сільськогосподарських машин; 4 — майданчик для комплектування агрегатів; 5 — стоянка агрегатів; 6 — стоянка комбайнів; 7 —

					MP TAM 23.18036. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

стоянка причепів; 8 — стоянка жаток; 9 — стоянка широкозахватних агрегатів; 10 — сівалки рядкові; 11 — резервний майданчик; 12 — водоналивні кільчасті котки; 13 — квадратно-гніздові сівалки; 14 — картоплесаджалки; 15 — скиртоклади; 16 — косарки причіпні; 17 — гноєрозкидачі; 18 — косарки начіпні; 19 — граблі; 20 — культиватори; 21 — дискові луцильники і борони; 22 — зерноавантажувачі; 23 — підбирачі-копнувачі; 24 — 8чіпки тракторні; 25 — плуги і луцильники лемішні; 26 — борони зубові; 27 — службово-побутовий будинок на 15 чоловік; 28 — майданчик для миття машин із зворотним водопостачанням; 29 — заглиблене снопище дизельного палива; 30 — трансформаторна підстанція КТП-63/10—6/0,4 кВ 63 кВа.

Оснащення майстерень дозволяє, в разі потреби, замінювати окремі вузли або агрегати, отримані від МТЗ сільськогосподарських підприємств або ремонтних підприємств районного рівня.

Враховуючи ґрунтово-кліматичні умови господарства, стандартний проект № 816—172 передбачає додатковий варіант майстерень з легкою конструкцією для 10 і 20 тракторів, а проект № 816—174 передбачає варіант майстерні для 30 і 40 тракторів з утепленим приміщенням для стоянки тракторів.

На Рисунку 4.2 показано план майстерні для 30 і 40 тракторів. Всі будівлі майстерень є одноповерховими. Залежно від потужності пункту, майстерня складається з відділень ковальсько-зварювального, слюсарно-механічного, ремонтного, посту технічного обслуговування, приміщення для теплої стоянки машин, складу та котельні.

Усі ділянки майстерень оснащені необхідним комплектом технологічного обладнання.

Майданчик для зовнішнього миття машин використовується для миття машин на відкритих майданчиках з використанням зворотного водопостачання (згідно з типовим проектом 816—73, Рисунок 4.5).

					МР ТАМ 23.18036. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Склад майданчика для миття машин включає насосну станцію, кладову для інвентарю, гардероб (в одному приміщенні), резервуар для чистої води об'ємом 20 м<sup>3</sup>, грязевідстійник і бензomasлоуловлювач, а також маслзбірний колодязь.

Відкритий майданчик (18×6,9×0,3 м) з бетону, армованого сіткою, з обох боків оточений стінкою висотою 350 мм та має поздовжній нахил до середини. У центрі майданчика передбачений лоток з нахилом 0,5 для стікання брудної води по чавунних трубах діаметром 150 мм в грязевідстійник. Машини виходять на майданчик по колії, зробленій з брусків шириною 600 мм, які закріплені на бетонованому майданчику за допомогою анкерів. Поруч із бетонованим майданчиком знаходяться насосна станція, кладова інвентарю та гардероб мийника.

Проект також включає будівництво грязевідстійника з бензomasлоуловлювачем. Для зберігання очищеної від бруду води, бензину та масел при багаторазовому використанні передбачений циліндричний резервуар об'ємом 20 м<sup>3</sup>. Стіни резервуару товщиною 500 мм будуються з бутового каменю і бетону.

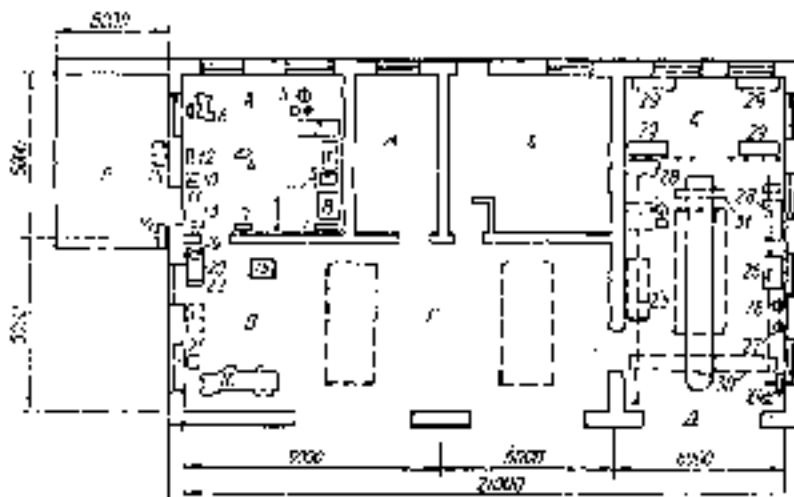


Рисунок 4.2 - Майстерня пункту технічного обслуговування машинно-тракторного парку відділення (бригади) для 30—40 тракторів (ТП 816—173):

А — ковальсько-зварювальне відділення; Б — бетонований майданчик; В — слюсарно-механічне відділення; Г — ремонтне відділення; Д — пост

					МР ТАМ 23.18036. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

технічного обслуговування; Е — склад; Є — котельня; Ж — побутові приміщення.

1 — горно ковальське з електричним приводом; 2 — гартівна ванна; 3 — ящик для ковальського інструменту; 4 — ковадло дворогове; 5 — обдирно-шліфувальний верстат; 6 — лещата стільцеві; 7 — однопостовий трансформатор; 8 — стіл для електрозварювальних робіт; 9 — ящик для обтиральних матеріалів; 10 — настільний свердлильний верстат; 11 — підставка для обладнання; 12 — ящик для піску; 13 — щит для зварювальних робіт; 14 — шафа для зберігання балонів; 15 — візок для перевезення балонів; 16 — токарно-гвинторізний верстат; 17 — пересувна компресорна установка; 18 — прес гідравлічний; 19 — настільно-свердлильний верстат; 20 — верстат слюсарний на одне робоче місце; 21 і 24 — шафа для інструменту; 22 — комплект обладнання, пристроїв і інструменту для технічного обслуговування машин і обладнання тваринницьких ферм; 23 — установка для промивання системи змащування двигуна; 25 — стелаж для інструменту; 26 — маслороздавальний бак; 27 — бак для заправки гальмівною рідиною; 28 — комплект обладнання робочого місця майстра-наладчика; 29 — стелаж для деталей і вузлів; 30 — кран підвісний; 31 — візок для перевозки нафтопродуктів.

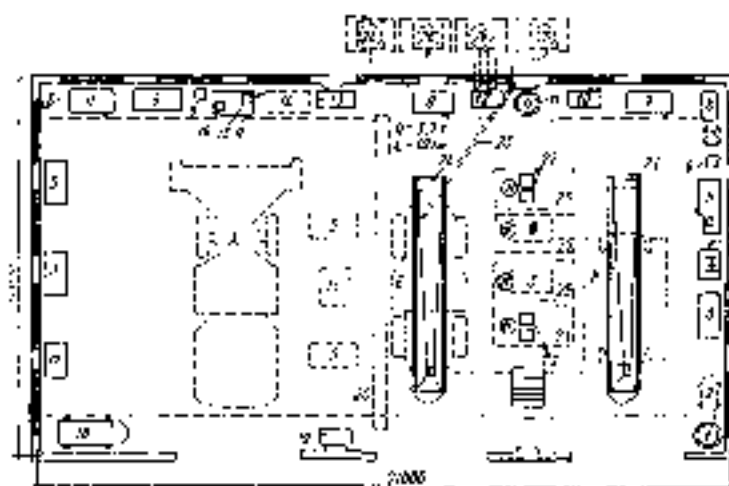


Рисунок 4.3 - Схема технологічного планування дільниці технічного обслуговування (стандартний проект 816—173):

						MP TAM 23.18036. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			67



стіл; 6 — робоче місце слюсаря-діагноста; 7 — індикаторне світлове табло; 8 — компресорно-вакуумна установка; 9 — пристрій для відливання масла; 10 — вихідний пристрій для відведення використаного газу; 11 — полиця для запасних частин і агрегатів; 12 — регулятор струму; 13 — електрична шафа; 14 — пожежний засув; 15 — ящик з матеріалами для обтирання; 16 — аптечка; 17 — умивальник для рук; 18 — шафа для одягу; 19 — шафа для інструментів; 20 — установка для миття фільтрів; 21 — стенд КІ-4935.

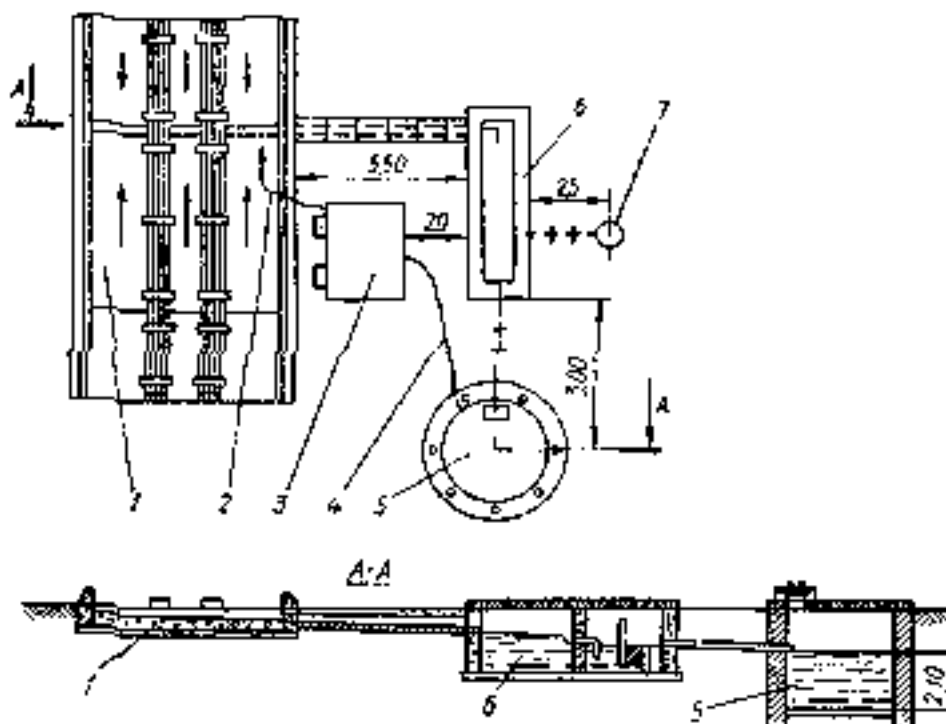


Рисунок 4.5 - Майданчик для зовнішнього миття машин (ТП 816—73):

1 — площадка для зовнішнього миття; 2 — напірний шланг; 3 — насосна станція; 4 — всмоктувальний шланг; 5 — резервуар для води об'ємом  $20 \text{ м}^3$ ; 6 — брудобірик з відділенням для грязі та масла; 7 — колодязь для збору використаної оливи.

					МР ТАМ 23.18036. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69











каністрою 13), та 12 для підсмоктування атмосферного повітря, обладнаного регулюючим гвинтом 7. В обох штуцерах вбудовані зворотні клапани.

У насосі 3 відбувається змішування стічної води з розчином реагенту та повітрям, і після цього суміш подається по трубопроводу 10 до двоступінчастого сатуратора 15, 16. Тут, під тиском 0,5... 5,5 МПа, відбувається розчинення повітря у воді та змішування з реагентом.

З другого щабля сатуратора 16, очищена вода через трубопровід 19, з використанням зворотного клапана Кл2, потрапляє в розподільний колектор 21 через сопла 20. В нижній частині камери флотації 22 відбувається скидання тиску, і з води виділяється розчинене повітря у вигляді дрібних пазирів, до яких прилипають частки забруднень. Шлам збирається на поверхні флотаційної камери у вигляді піни, яку видаляє скребковий механізм (шламовидаляч) 25 і направляє в лоток 26, а потім, через патрубок 1, потрапляє в шламову ємність для відстоювання.

Шлам може бути відданий на переробку цілком (за наявності такої можливості) або окремими фракціями після відстою та видалення зверху нафтопродуктів і води з середньої частини. Нафтопродукти слід передавати на переробку або використовувати як рідке паливо. Вода повертається на очищення у відстійник.

Зважені речовини, відстояні в шламовій ємності, вивозяться.

У фільтрі 20 вода потрапляє в нижню частину, проходить через шар фільтруючого завантаження 30. Очищена вода видаляється через переливну трубу 33 і патрубок В. Завантаження фільтра утримується підтримуючою 31 і притискнуою 32 рамками.

Тип завантаження фільтра вибирається залежно від технології очищення стічних вод. Стандартне завантаження фільтра для очищення стічних вод автомийок – пінополіуретановий нафтосорбент (крихта 10...20 мм). При засміченні пінополіуретанової крихти фільтр 29 виймається з установки і

					MP TAM 23.18036. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

промивається зверху струменем води. Промивні води видаляються через кран 34 в накопичувач.

Якщо глибоке очищення не є необхідним, очищена вода після флотації видаляється через кран 27 і патрубок Б. Всі ємності установки мають зливні крани 34, 35, 36, 37, об'єднані єдиним трубопроводом 38 (патрубок Д).

Електричні та гідравлічні схеми установки забезпечують її автоматичну роботу відповідно до споживання оборотної води для мийки автомобілів або з урахуванням надходження стічних вод за допомогою датчиків мінімального та максимального рівнів води в ємності. Вода, яка пройшла очищення флотаційним методом, потрапляє через переливну трубу 24 в оголовок 23 і далі через кран 28 на глибоке очищення в засипний вбудований фільтр 29.

#### 4.2 Розрахунки очисних споруд автомийних установок.

Розрахунок пісколовки з контейнерами для збору осаду передбачає визначення швидкості протікання стічних вод  $V_n = 0,15$  м/с.

Площа перетину потоку:

$$S = Q / V_n, \text{ м}^2 \quad (4.1)$$

Ширина пісколовки (В) приймається зазвичай рівною 1 метру. При цьому довжина її

$$L = K \times \frac{H_p \cdot \mathcal{W}_n}{U_0} \quad (4.2)$$

де  $K = 1,3$  – коефіцієнт запасу по довжині;

$H_p = S/V$  розрахункова глибина проточного шару піско- ловки, м;

$U_0$  – гідравлічна великомірність зважених часток, що характеризує їхній розмір, форму, густину і від яких залежить швидкість осідання.

Для піскового об'єкта швидкість осадження  $U_0$  складає  $18 \cdot 10^{-3}$  м/с.

					MP TAM 23.18036. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

Загальна глибина пісколовки визначається як сума глибин  $H_{п}$ ,  $H_{р}$  та  $H_{0}$ , виражених у метрах (рівняння 4.3).

$$H_{\Sigma} = H_{п} + H_{р} + H_{0}, \text{ м}, \quad (4.3)$$

Глибина  $H_{п}$ , виміряна від підлоги до рівня води в пісколовці, обчислюється за формулою  $H_{п} = H_{к} + 0,03 \cdot l$ , де  $H_{к}$  - глибина канави,  $l$  - відстань від початку стоку до стінки пісколовки, а  $H_{0} = 1,0 \dots 1,5$  м - глибина осадової частини пісколовки.

$$H_{п} = H_{к} + 0,03 \cdot l, \text{ м}, \quad (4.4)$$

В зоні осадової частини встановлюють контейнери для осаду так, щоб шар води над верхньою кромкою контейнера був не менше  $H_{р}$ .

Обсяг прийомного резервуара ( $V_{пр}$ ) розраховується для 15-хвилинного перебування в ньому стічних вод за формулою  $V_{пр} = 15 \cdot 60 \cdot Q = 900 \cdot Q$ , де  $Q$  - притікання стічних вод (рівняння 4.5).

Форма резервуара може бути обрана за власним вибором.

$$V_{пр} = 15 \cdot 60 \cdot Q = 900 \cdot Q, \text{ м}^3. \quad (4.5)$$

Насосна станція першого підйому оснащується насосами, продуктивність яких залежить від притоку стічних вод  $Q$ . Гідроциклони розраховуються з урахуванням гідравлічного навантаження, яке для розглянутої конструкції гідроциклонів складає  $M_{гц} = 1,9 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup> · с).

Площа водного дзеркала гідроциклона залишається визначеною.

$$S_{в} = \frac{Q}{M_{гц}} = \frac{Q}{1,9 \cdot 10^{-3}} \quad (4.6)$$

Діаметр гідроциклона зазвичай обирають не більше  $D = 2,0$  м. Таким чином, фактична площа водного дзеркала одного гідроциклона обчислюється за формулою  $S_{вср} = \pi \cdot D^2 / 4$  (рівняння 4.7).

$$S_{вср} = \pi \cdot D^2 / 4, \text{ м}^2. \quad (4.7)$$

Кількість гідроциклонів ( $N_{гц}$ ) визначається як відношення фактичної площі ( $S_{в}$ ) до середньої стандартної площі одного гідроциклона ( $S_{вср}$ ),

					MP TAM 23.18036. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

додавши один резервний гідроциклон (рівняння 4.8). Якщо відмінність кількості  $N_{гц}$  від цілого числа перевищує 20%, рекомендується змінити діаметр гідроциклона і повторити розрахунок.

$$N_{гц} = (S_B / S_{вср}) + 1, \quad (4.8)$$

Насосна станція другого підйому має бути обладнана насосами такої ж продуктивності, як і насоси першого підйому. Напір повинен бути визначений з урахуванням втрат у фільтрах, приблизно 0,1 МПа. Застосовуються типові фільтри з середньою швидкістю фільтрування  $V_{ср} = 10$  м/год (рівняння 4.9).

$$S_{ср} = 3600 \cdot Q \cdot V_{ср}, \text{ м}^2. \quad (4.9)$$

Обсяг резервуара очищеної води розраховується так, щоб забезпечити запас води для мийки автомобілів протягом 30 хвилин. Бак для збору нафтопродуктів повинен заповнюватися не менше доби. Обсяг камери бензомаслоуловлювача приймається рівним 1/3...1/5 обсягу піскоуловлювача.

Контейнери для осаду рекомендується виготовляти з металу, обладнані вушками або гачками для підйому вантажопідйомним пристроєм, а також оснащені засувками в днищі для скидання осаду. Передбачається можливість одночасної установки декількох контейнерів в пісколовці або шламоуловлювачі.

Іноді пісколовку конструюють із монолітного бетону, дно якої виглядає як перевернута піраміда. У такому випадку контейнери не встановлюють, а осад видаляється за допомогою насосозмішувачів, інжекторних насосів або грейферних механізмів, що має певні переваги перед очищенням за допомогою насосів, оскільки грейфер може захоплювати різні види осаду, що може потрапити в пісколовку і спричинити засмічення трубопроводів при використанні насосів.

					<i>MP TAM 23.18036. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

## ВИСНОВОК

1. Сорбція на метиленовий синій проводилася з метою підтвердження обраного напрямку досліджень, у цьому випадку найкращим виявився полімер, що містить етиленгліколь

2. Для сорбції модальних забруднювачів використовувалися різні змінні в процесі полімеризації, у кожному випадку, серед яких у лідери вибилися певні хімічні склади: для сорбції фенолу найкращим виявився полімер, що містить 1.4 бутандіол, а для сорбції води з масел, той, що також має найбільшу сорбційну ємність октанол -1.

3. У всіх випадках простежується залежність, зміст якої полягає в тому, що у випадку підвищення концентрації спиртовмісних розчинів у полімері, це приводить до посилення сорбційних властивостей до певного моменту.

4. Використання отриманих полімерів з метою сорбції фенолу дозволяє зациклювати життєвий цикл фенолу, що у свою чергу благополучно впливає як на виробництво, так і на навколишнє середовище в цілому.

5. Дослідження сорбції на модальних забруднювачах показують потенціал отриманих полімерів, можливості поліпшення, а також простоту в експлуатації.

6. Я спробував вирішити питання проектування стандартних пунктів технічного обслуговування.

7. Наведено розрахунки очисних споруд автономних установок.

					MP TAM 23.18036. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

## СПИСОК ВИКОРИСТОВУВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автухович, І. Е. Біологічний спосіб очищення субстрату, складеного на основі ОСВ, Актуальні проблеми сучасної науки. -2012. - № 1. - С. 132-135.
2. Анісімов, Д. В. Видалення фосфору зі стічних вод, Екологія виробництва. - 2012. - № 6. - С. 50-54.
3. Брай І.В. Регенерація трансформаторних масел. Хімія, М, 1972. 7. Довідник нафтопереробника.
4. Голіцин, А. Н. Основи промислової екології, М: Academia, 2004. - 239 с.
6. Коваленко В.П. Забруднення й очищення нафтових масел. Хімія, М, 1978.
7. Ложниченко О. В., Волкова І. В., Зайцев В. Ф. Екологічна хімія, Москва: Академія, 2008. - 264 с.
8. Самигин, В. Д. Процеси й апарати очищення стічних вод, М: Видавничий будинок Мисис, 2009. - 222 с.
9. Шашкин П.І. Регенерація відпрацьованих нафтових масел. Хімія, М, 1960.
10. Щашкин П.І., Брай І.В. Регенерація відпрацьованих нафтових масел. Хімія, М, 1970.
11. Augier F, Boyer C, Vassieu M (2008) Liquid Drying by Solid Desiccant Materials: Experimental Study and Design Method. Oil & Gas Science and Technology – Revue de l'IFP 63:713–722. <https://doi.org/10.2516/ogst:2008030>
12. Chen S, Zhuo B, Guo X (2016) Large Area One-Step Facile Processing of Microstructured Elastomeric Dielectric Film for High Sensitivity and Durable Sensing over Wide Pressure Range. ACS Appl Mater Interfaces 8:20364– 20370. <https://doi.org/10.1021/acsami.6b05177>
13. Dorogin L. M., Sosnin I. M., Akimov E. G., Agenkov V. I. Adhesion of polydimethylsiloxane during molecular cross-linking. Letters on Materials 9 (1),

					MP TAM 23.18036. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

2019 pp. 58-63

14. Eaves DE, Sewell PR (1964) Drying Liquid Hydrocarbons Using Adsorptive Agents. *Industrial & Engineering Chemistry Process Design and Development* 3:361–365. <https://doi.org/10.1021/i260012a016>

15. Han J-W, Kim B, Li J, Meyyappan M (2013) Flexible, compressible, hydrophobic, floatable, and conductive carbon nanotube-polymer sponge. *Appl Phys Lett* 102:051903. <https://doi.org/10.1063/1.4790437>

16. Hickman R, Walker E, Chowdhury S (2018) Tio<sub>2</sub>-PDMS composite sponge for adsorption and solar mediated photodegradation of dye pollutants. *Journal of Water Process Engineering* 24:74–82. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2018.05.015>

17. Kang S, Lee J, Lee S, et al (2016) Pressure Sensors: Highly Sensitive Pressure Sensor Based on Bioinspired Porous Structure for Real-Time Tactile Sensing (*Adv. Electron. Mater.* 12/2016). *Advanced Electronic Materials* 2:. <https://doi.org/10.1002/aelm.201670065>

18. Khataee AR, Pons MN, Zahraa O (2009) Photocatalytic degradation of three azo dyes using immobilized Tio<sub>2</sub> nanoparticles on glass plates activated by UV light irradiation: Influence of dye molecular structure. *Journal of Hazardous Materials* 168:451–457. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.02.052>

19. Lee H, Yoo J-K, Park J-H, et al (2012) A Stretchable Polymer–Carbon Nanotube Composite Electrode for Flexible Lithium-Ion Batteries: Porosity Engineering by Controlled Phase Separation. *Advanced Energy Materials* 2:976– 982. <https://doi.org/10.1002/aenm.201100725>

20. Lee P, Rogers MA (2013) Phase-Selective Sorbent Xerogels as Reclamation Agents for Oil Spills. *Langmuir* 29:5617–5621. <https://doi.org/10.1021/la400805c>

21. Li X, Li Y, Huang Y, et al (2017) Organic sponge photocatalysis. *Green Chem* 19:2925–2930. <https://doi.org/10.1039/C6GC03558B>

22. Li Z, Zhong L, Zhang T, et al (2019) Sustainable, Flexible, and Superhydrophobic Functionalized Cellulose Aerogel for Selective and Versatile

					<i>MP TAM 23.18036. 000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>ЗМН.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>81</i>

Oil/Water Separation. ACS Sustainable Chem Eng 7:9984–9994.  
<https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.9b01122>

23. Liang C, Liu Q, Xu Z (2015) Synthesis of Surface-Responsive Composite Particles by Dehydration of Water-in-Oil Emulsions. ACS Appl Mater Interfaces 7:20631–20639. <https://doi.org/10.1021/acsami.5b05093>

24. Liang C, Liu Q, Xu Z (2016) Dewatering Bitumen Emulsions Using Interfacially Active Organic Composite Absorbent Particles. Energy Fuels 30:5253–5258. <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.6b00228>

25. Lin C, He G, Dong C, et al (2008) Effect of Oil Phase Transition on Freeze/Thaw-Induced Demulsification of Water-in-Oil Emulsions. Langmuir 24:5291–5298. <https://doi.org/10.1021/la704079s>

26. Liu W, Chen Z, Zhou G, et al (2016) 3D Porous Sponge-Inspired Electrode for Stretchable Lithium-Ion Batteries. Advanced Materials 28:3578–3583. <https://doi.org/10.1002/adma.201505299>

27. Mccall WR, Kim K, Heath C, et al (2014) Piezoelectric Nanoparticle–Polymer Composite Foams. ACS Appl Mater Interfaces 6:19504–19509. <https://doi.org/10.1021/am506415y>

28. Ong CC, Sundera Murthe S, Mohamed NM, et al (2018) Nanoscaled Surface Modification of Poly(dimethylsiloxane) Using Carbon Nanotubes for Enhanced Oil and Organic Solvent Absorption. ACS Omega 3:15907–15915. <https://doi.org/10.1021/acsomega.8b01566>

29. Park J, Wang S, Li M, et al (2012) Three-dimensional nanonetworks for giant stretchability in dielectrics and conductors. Nat Commun 3:916. <https://doi.org/10.1038/ncomms1929>

30. Shin JH, Heo J-H, Jeon S, et al (2019) Bio-inspired hollow PDMS sponge for enhanced oil-water separation. J Hazard Mater 365:494–501. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.10.078>

31. Song E, Kang B, Choi HH, et al (2016) Stretchable electronics: Stretchable and Transparent Organic Semiconducting Thin Film with Conjugated

					MP TAM 23.18036. 000 ПЗ	Арк.
ЗМН.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

Polymer Nanowires Embedded in an Elastomeric Matrix (Adv. Electron. Mater. 1/2016). Advanced Electronic Materials 2: <https://doi.org/10.1002/aelm.201670002>

32. Vlasov S., Dorogin L. M., Sosnin I. M., Akimov E. G., Agenkov V. I. Hydrophilic polydimethylsiloxane-based sponges for dewatering applications. Materials Letters 263:127278

33. Zhang S, Guo J, Ma X, et al (2017) Smart PDMS sponge with switchable ph-responsive wetting surface for oil/water separation. New J Chem 41:8940–8946. <https://doi.org/10.1039/C7NJ01067B>

34. Zhao X, Li L, Li B, et al (2014) Durable superhydrophobic/superoleophilic PDMS sponges and their applications in selective oil absorption and in plugging oil leakages. J Mater Chem A 2:18281– 18287. <https://doi.org/10.1039/C4TA04406A>

35. Zhu D, Handschuh-Wang S, Zhou X (2017) Recent progress in fabrication and application of polydimethylsiloxane sponges. J Mater Chem A 5:16467–16497. <https://doi.org/10.1039/C7TA04577H>

					<i>MP TAM 23.18036. 000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>ЗМН.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		83

Додатки

					MP TAM 23.18036. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84