

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Кафедра екології та природозахисних технологій

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

зі спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

Тема роботи: Технології очищення стічних вод від нафтопродуктів

Виконав:  
студент Бова А. О.

Керівник:  
професор Гурець Л. Л.

Залікова книжка  
№ 19510005

Підпис: \_\_\_\_\_  
дата, підпис

Підпис: \_\_\_\_\_

Консультант з охорони праці:  
доцент Васькін Р. А.

Підпис: \_\_\_\_\_  
дата, підпис

Захищена з оцінкою  
\_\_\_\_\_  
оцінка, дата

Секретар ЕК  
старший викладач Батальцев Є.В.

Суми 2023

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій  
Кафедра екології та природозахисних технологій  
Спеціальність 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедрою \_\_\_\_\_

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Студентові \_\_\_\_\_ Бова Анастасії Олександрівні \_\_\_\_\_ Група ТС-91/1

1. Тема кваліфікаційної роботи: Технології очищення стічних вод від нафтопродуктів.
2. Вихідні дані: перелік наукових робіт за темою забруднення та очистки вод від нафтовмісних забруднень, літературні джерела та посилання, нормативно-правові акти
3. Перелік обов'язкового графічного матеріалу:
  1. Динаміка видобутку нафти в Україні
  2. Вплив підприємств нафтопереробки на гідросферу
  3. Методи очистки стічних вод від нафтопродуктів
  4. Матриця SWOT-аналізу механічного методу очистки стоків
  5. Матриця SWOT-аналізу фізико-хімічного методу очистки стоків
  6. Матриця SWOT-аналізу біологічного методу очистки стоків
  7. Схема очищення стічних вод від нафтопродуктів
  8. Висновки

4. Етапи виконання кваліфікаційної роботи:

№	Етапи і розділи проектування	ТИЖНІ					
		1	2	3	4	5	6
1	Літературний огляд	+	+				
2	Аналіз проблеми			+			
3	Оброблення результатів				+		
4	Розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях					+	
5	Оформлення роботи						+

Дата видачі завдання 30.03.2023 р.

Керівник \_\_\_\_\_

професор Гурець Л. Л.

## РЕФЕРАТ

*Структура та обсяг випускної кваліфікаційної роботи бакалавра.* Робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку джерел посилання, який містить 23 найменування. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи становить 50 с., у тому числі 3 таблиць, 11 рисунків, перелік джерел посилання 3 сторінок.

*Мета роботи* – підбір найбільш оптимального способу очистки стічних вод НПЗ від нафтопродуктів.

Для досягнення зазначеної мети було поставлено та вирішено такі завдання:

- оцінити поточний стан нафтопереробної галузі в Україні;
- дослідити вплив підприємств НПЗ на гідросферу;
- розглянути існуючі системи очистки стічних вод НПЗ;
- провести SWOT-аналіз механічних, фізико-хімічних та біологічних методів очистки стічних вод.

*Об'єкт дослідження* – негативний вплив нафтовмісних стічних вод НПЗ на гідросферу.

*Предмет дослідження* – методи очистки стічних вод НПЗ.

У роботі розглянуто проблему забруднення гідросфери під час роботи НПЗ, проведено аналіз основних методів очистки стічних вод, забруднених нафтопродуктами та проведено розрахунок матеріального балансу системи очистки стоків НПЗ.

*Ключові слова:* СТІЧНІ ВОДИ; НАФТОПЕРЕРОБНИЙ ЗАВОД; ТЕХНОГЕННИЙ ВПЛИВ

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1 ВПЛИВ ПІДПРИЄМСТВ НАФТОПЕРЕРОБКИ НА ДОВКІЛЛЯ .....	7
1.1 Характеристика нафтопереробної галузі України .....	7
1.2 Вплив НПЗ на атмосферне повітря та гідросферу .....	10
1.3 Аналіз публікаційної активності стосовно питання впливу НПЗ на довкілля	14
1.4 Висновок до розділу.....	16
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД НПЗ.....	17
2.1 Характеристика систем очистки стічних вод НПЗ .....	17
2.2 Огляд механічних та фізико-хімічних методів очистки стічних вод НПЗ.....	20
2.3 Огляд біологічних методів .....	29
РОЗДІЛ 3 SWOT - АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБРАНОГО МЕТОДУ .....	35
3.1 Методика та алгоритм застосування SWOT-аналізу.....	35
3.2 SWOT-аналіз розглянутих методів.....	37
3.3 Матеріальний баланс первинної системи очистки стоків НПЗ.....	39
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	42
4.1 Охорона праці в хімічній лабораторії .....	42
4.2 Безпека життєдіяльності при пожежах на підприємстві .....	43
ВИСНОВОК.....	45
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	46

Підп. і дата		Підп. і дата		Взаєм.інв.№		Інв.№дубл.		Підп. і дата	
Інв.№подл.	Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	<h3 style="margin: 0;">ТС 19510005</h3>			
	Розроб.		Бова			<i>Технології очищення стічних вод від нафтопродуктів</i>			
	Перев.		Гурець						
	Н.Контр		Батальцев			СумДУ, ф-т ТеСЕТ			
	Затв.		Пляцук			гр. ТС-91/1			



**Метою** роботи є підбір найбільш оптимального способу очистки стічних вод НПЗ.

**Завдання,** що були поставленні:

- оцінити поточний стан нафтопереробної галузі в Україні;
- дослідити вплив підприємств НПЗ на довкілля;
- розглянути існуючі системи очистки стічних вод НПЗ;
- провести SWOT-аналіз механічних, фізико-хімічних та біологічних

методів очистки стічних вод.

**Об'єктом роботи** є негативний вплив нафтовмісних стічних вод НПЗ на гідросферу.

**Предметом роботи** є методи очистки стічних вод НПЗ.

**Методи дослідження.** Інформаційну базу для виконання роботи склали наукові праці зарубіжних та вітчизняних вчених, матеріали науково-практичних конференцій, ряд законодавчих та нормативних актів України.

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата					ТС 19510005	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						6

# РОЗДІЛ 1 ВПЛИВ ПІДПРИЄМСТВ НАФТОПЕРЕРОБКИ НА ДОВКІЛЛЯ

## 1.1 Характеристика нафтопереробної галузі України

Нафтопереробна промисловість являється однією з галузей важкої промисловості, що спеціалізується на переробці сирової нафти. Основними продуктами переробки являються паливо-мастильні матеріали. Принципова схема переробки нафти наведена на рисунку 1.1 [1].

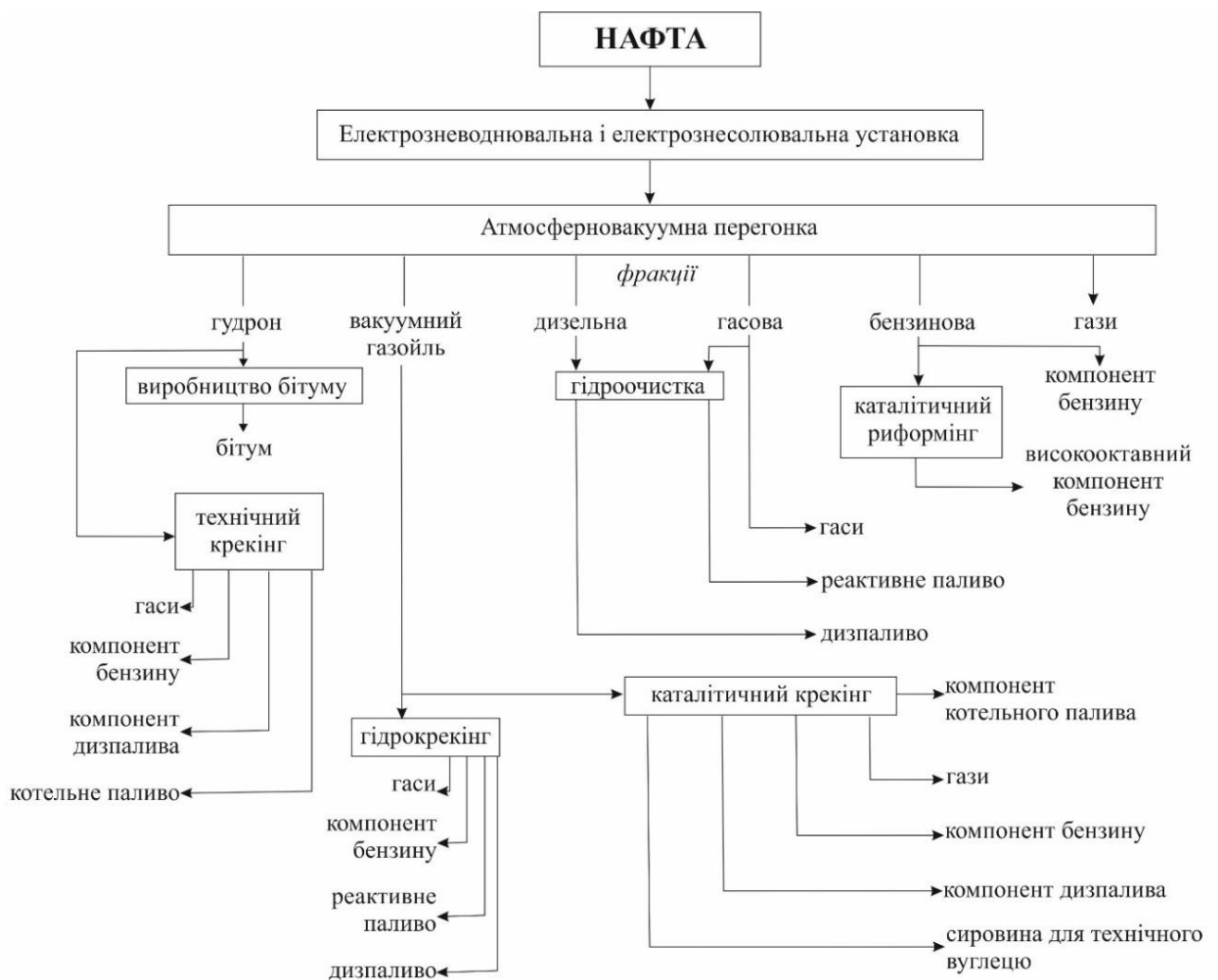


Рисунок 1.1 – Принципова схема переробки нафти

Підп. і дата	№ док.	№ докум.	Підп.	Дата
Взаєм. інв. №	№ док.	№ докум.	Підп.	Дата
Інв. №	№ док.	№ докум.	Підп.	Дата

В Україні виділяють три нафтоносні райони: Карпатський, Дніпровсько-Донецький і Причорноморський.

Основна частина запасів розташована у східній частині Дніпровсько-Донецької западини, що зумовлює наступне розташування НПЗ: у Сумській області – на базі Охтирського та Качанівського родовищ, у Чернігівській області – на базі Гнідинцевського та Прилуцького родовищ, у с. Полтавській області - на основі Сагайдацького, Зачепівського, Радченківського родовищ. Більше половини нафти в Україні видобувається саме у цьому регіоні.

Друге місце займає Карпатський нафтогазоносний регіон, де розташовані НГУ «Бориславнафтогаз» і «Долинанфтогаз». Найбільші родовища Західної України розташовані в Івано-Франківській та Львівській областях. Видобуток нафти з цих родовищ мінімальний через вичерпані запаси. Найбільшими родовищами являються: Долинське, Бориславське, Битківське.

Чорноморський нафтогазоносний регіон включає Миколаївську, Одеську, Херсонську області та Північний Крим. Деякі родовища розташовані на шельфі Чорного моря та дні Азовського моря.

Родовища нафти в Україні, як правило, є старими та виснаженими, піддаються важкому освоєнню за рахунок свого геологічного та географічного розташування (розташовані на великих площах і мають глибокі поклади). У зв'язку з цим собівартість виробництва українських нафтопродуктів дуже висока. Найбільший видобуток нафти в Україні припадав на 1972 рік (14,5 млн. тонн), а найбільший видобуток природного газу – на 1975 та 1976 роки (відповідно 68,7 млрд. м<sup>3</sup>). У наступні роки видобуток нафти і газу скорочувався через виснаження відкритих родовищ і скорочення геологорозвідувальних робіт (рисунок 1.2) [2].

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і дата	ТС 19510005				Арк
					Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата



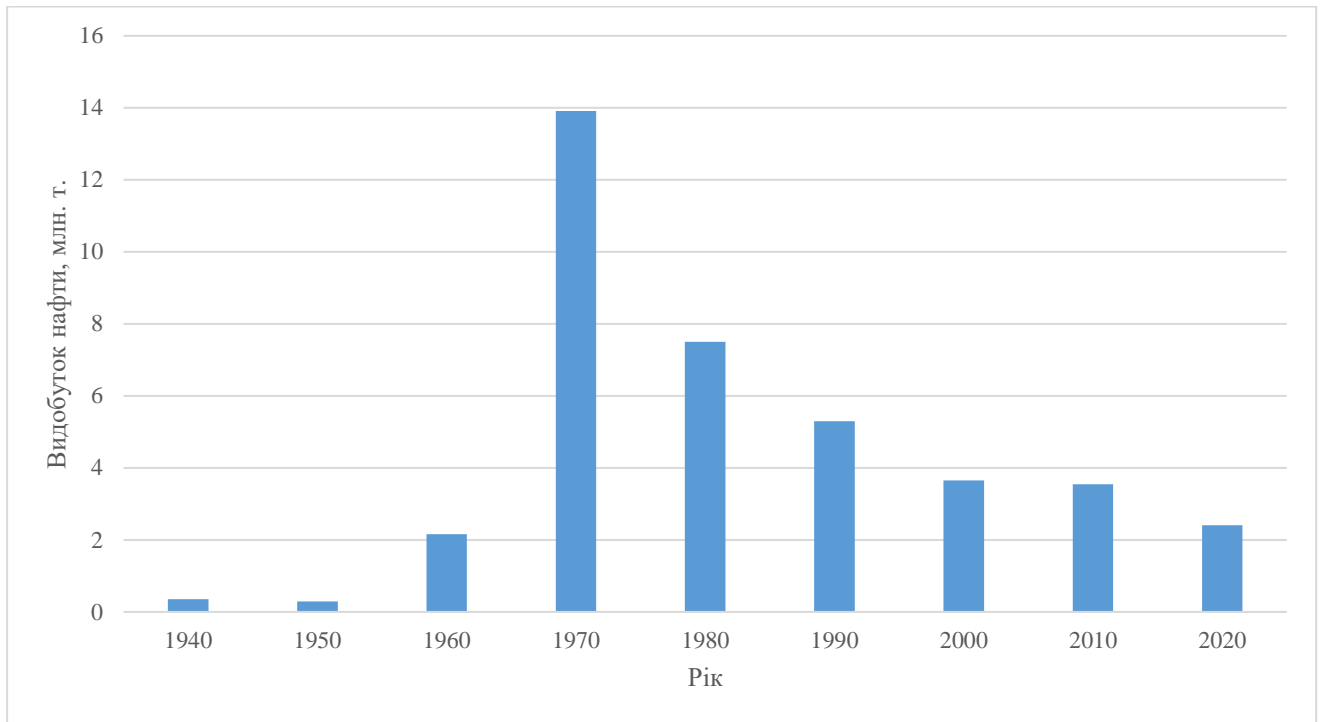


Рисунок 1.2 – Динаміка видобутку нафти в Україні

В Україні переробка нафти відбувалася на шести найбільших нафтопереробних заводах (НПЗ): Дрогобицькому, Кременчуцькому, Лисичанському, Надвірнянському, Одеському та Херсонському, а також – на семи газопереробних заводах (ГПЗ), найкрупнішим з яких є Шебелинський (таблиця 1.1). Проте, у зв'язку з різними економічними чи політичними причинами, станом на 2023 рік, майже усі найбільші переробні заводи зупинили свою роботу. Виробництво світлих нафтопродуктів якості Євро-5 в Україні здійснює Шебелинський газопереробний завод та близько 15 міні-НПЗ різної потужності [3].

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 19510005

Арк

9

Таблиця 1.1 – Основні виробничі показники НПЗ

НПЗ	Проектна потужність (млн. т)	Кінцевий продукт переробки	Регіон	Актуальний стан
Дрогобицький НПЗ	3,9	Бензин: Євро-1 ДП: Євро-1	Львівська область	зупинено (січень 2012)
Кременчуцький НПЗ	18	Бензин: Євро-5 ДП: Євро-5	Полтавська область	зупинений (18 червня 2022)
Лисичанський НПЗ	24	Бензин: Євро-4 ДП: Євро-5	Луганська область	зупинено (березень 2012)
Надвірнянський НПЗ	3,5	Бензин: Євро-1 ДП: Євро-1	Івано-Франківська область	зупинено (травень 2009)
Одеський НПЗ	3,9	Бензин: Євро-3 ДП: Євро-4	Одеська область	зупинено (жовтень 2010)
Херсонський НПЗ	8,7	Бензин: Євро-1 ДП: Євро-1	Херсонська область	зупинено (травень 2009)
Шебелинський ГПЗ	1,0	Бензин: Євро-5 ДП: Євро-5	Харківська область	працює

Отже, Україна має потенціал і можливості для задоволення потреб у нафтопродуктах за рахунок власних родовища, однак застарілість технологій видобутку та переробки, політичні причини не дають на повну реалізувати потенціал.

## 1.2 Вплив НПЗ на атмосферне повітря та гідросферу

Переробка нафти є важливою галуззю промисловості, яка забезпечує енергетичні та хімічні потреби суспільства. Проте, цей процес також супроводжується значним забрудненням атмосферного повітря. Викиди забруднюючих речовин, таких як сірковуглецеві сполуки, оксиди азоту, вуглеводні та інші шкідливі речовини, мають серйозний вплив на якість повітря і здоров'я людей.

До основних технологічних процесах, які являються джерелами забруднення атмосферного повітря на НПЗ відносяться:

- факельне горіння газів. Факели використовуються для спалювання випаровувань, газів і побічних продуктів, що утворюються під час процесу

Підп. і дата	
Інв. № добул.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № добул.	

ТС 19510005

Арк

10

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

переробки нафти. Це може включати відпрацьований газ, гази, що виділяються під час процесів крекінгу та реформінгу, а також гази, що утворюються під час розпаду сірковуглецевих сполук. Викиди з факелів містять вуглеводні, сірковуглецеві сполуки та інші шкідливі речовини;

- операції спалювання та коксування. Під час процесу спалювання нафти або коксування вуглеводні розкладаються, утворюючи діоксид вуглецю (CO<sub>2</sub>), оксиди азоту (NO<sup>x</sup>) та інші забруднюючі речовини. Ці процеси також можуть супроводжуватися викидами сірковуглецевих сполук;

- транспортування та зберігання. Втрати нафти та нафтопродуктів під час їх транспортування та зберігання можуть становити значний внесок до викидів забруднюючих речовин. Втрати через розливи, парові випари та нестачу під час обробки та перекачування нафти можуть включати вуглеводні, сірковуглецеві сполуки та інші забруднюючі речовини.

Викид оксидів азоту та сірки в атмосферу призводить до посилення парникового ефекту; це, у свою чергу, спричиняє значну зміну клімату Землі. Потрапляючи в атмосферу, такі гази, як NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> і CO<sub>2</sub>, реагують з водою і зрештою утворюють кислоту, яка потім випадає на поверхню Землі у вигляді дощу. Кислотні дощі згубно впливають на живі організми. Компоненти викидів також взаємодіють з озоновим шаром, спричиняючи виснаження озону та утворення в ньому діри.

Більшість газоподібних речовин, що викидаються нафтопереробними заводами, згубні для будь-якої форми життя. Відомо, що ці речовини завдають шкоди дихальним системам як людей, так і тварин, викликаючи такі захворювання, як астма, бронхіт і задуха. Газові виділення складаються з численних дрібних твердих частинок, які осідають на слизовій оболонці дихальних шляхів, перешкоджаючи природному процесу дихання [4].

У процесі переробки нафтопродуктів водне середовище забруднюється не тільки нафтопродуктами, а й іншими речовинами та сполуками.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

При зберіганні та переробці нафти вода, яка використовується, неминуче забруднюється різними речовинами, такими як вуглеводні, частинки металу та інші компоненти. Забруднення води продуктами нафтопродуктами, як правило, відбувається через витoki, що виникають у технологічних ланцюгах і ущільненнях насосів, а також через конденсат, що утворюється під час процесу. Крім того, атмосферні опади, які контактують з технологічними майданчиками, також призводять до утворення забруднених зливових вод, які негативно впливають на гідросферу.

Для очистки стічних вод НПЗ використовуються дві окремі системи каналізації. Перша система (I система каналізації) відповідає за поверхневий стік і дощову воду. Система вторинної каналізації (II система каналізації) складається з декількох мереж, призначених для транспортування стічних вод від окремих цехів і установок.

Основні показники стічних вод нафтопереробних заводів різного профілю майже аналогічні. Кількість оборотної води на одну тонну переробленої нафти може досягати 30-40 м<sup>3</sup>. Більшість цієї води (90-95%) після відповідної обробки повертається на повторний цикл. У результаті фактична кількість стічних вод, які скидають підприємства НПЗ, зазвичай становить близько 1-2 м<sup>3</sup> на 1 тонну переробленої нафти (таблиця 1.2).

Таблиця 1.2 – Питомі показники водовідведення різнопрофільних НПЗ

Профіль НПЗ	Стоки I системи, м <sup>3</sup>	Стоки II системи, м <sup>3</sup>	Сірчисто-лужні стоки, дм <sup>3</sup>
Паливний	0,23–0,95	0,09–0,2	0,51–1,0
Павлівно-оливний	0,38–1,5	0,1–0,25	1,0–2,5
Паливно-оливний з нафтохімічним виробництвом	2,0–3,0	1,2–2,0	13–15

Для очистки стічних вод НПЗ використовуються дві окремі системи каналізації. Початкова система відповідає за маломінералізовані стоки і дощову воду. Після очищення ця стічна вода переробляється та може бути використана

Підп. і дата	
Взаєм. інв. №	
Інв. № дубл.	
Інв. № подл.	
Підп. і дата	

ТС 19510005

Арк

Вип Арк № докум. Підп. Дата

12

знову. Будь-яка надлишкова вода направляється в аварійні накопичувальні резервуари і згодом очищається перед викидом у найближчий резервуар.

Система вторинної каналізації складається з декількох мереж, від п'яти до семи, призначених для транспортування стічних вод від окремих цехів і установок. Ці стічні води сильно мінералізовані, забруднені шкідливими речовинами, непридатні для повторного використання. У разі наявності будь-яких забруднень, якщо необхідно, можна провести локальне очищення.

Склад стічних вод нафтопереробних заводів складніший, ніж нафта та її похідні, які переробляються. Ці стоки містять безліч забруднюючих сполук, включаючи, але не обмежуючись ними: пропан, бутан, етилен, фенол, бензол і різні вуглеводні (таблиця 1.3). Коли ці стоки потрапляють у природні водойми, вони завдають шкоди гідробіонтам і водним рослинам.

Таблиця 1.3 – Якісні показники стічних вод НПЗ

Показник забруднення	Значення	
	стоки I системи	стоки II системи
Завислі речовини, мг/дм <sup>3</sup>	250-350	600-800
Нафтопродукти, мг/дм <sup>3</sup>	1000-2500	3000-5000
Сухий залишок, мг/дм <sup>3</sup>	1000-1500	5000-6000
ПАР, мг/дм <sup>3</sup>	5-20	80-100
Феноли, мг/дм <sup>3</sup>	3-15	2-4
Амонійний азот, мг/дм <sup>3</sup>	25-30	20-30
ХСК, мг/дм <sup>3</sup>	400-850	600-800
БСК, мг/дм <sup>3</sup>	250-550	300-500
pH	7,8-8,6	7,5-7,8

Підвищення вмісту вуглеводнів у воді призводить до зменшення вмісту кисню, що ускладнює дихання водних організмів, а також перешкоджає процесам окислення.

Їстівні організми зазнають зміни смаку під впливом хімічних речовин, які містять поліциклічні ароматичні вуглеводні, що є небезпечним ефектом, оскільки ці речовини, як відомо, є канцерогенними.

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

ТС 19510005

Арк

13

Вип Арк № докум. Підп. Дата

Токсичні речовини, як правило, накопичуються в рибі, і коли вони просуваються вгору харчовим ланцюгом, вони можуть становити небезпеку для людини.

Поліпшення структури водокористування та водовідведення є вирішальним фактором збереження екологічної чистоти гідросфери, зокрема для нафтопереробних підприємств.

Негативний вплив НПЗ на гідросферу можна пом'якшити шляхом впровадження заходів щодо зменшення шкідливого впливу його стічних вод. Для нафтопереробного заводу запропоновано обґрунтований план водопостачання та управління стічними водами, який ґрунтується на таких концепціях:

- максимальне скорочення споживання води за рахунок використання технологій повітряного охолодження;
- мінімізація споживання прісної води;
- повторне використання очищеної промислової та зливової води, стічних вод, а також зменшення об'єму стічних вод, що скидаються у водойму.

Комплекс очищення стічних вод складається з кількох споруд, які працюють послідовно. Ці конструкції включають піско- та нафтоуловлювачі, відстійники, піщані фільтри або флотаційні установки під тиском, які використовують хімічний реагент. Фізико-хімічні очисні споруди відіграють вирішальну роль в процесі очищення стічних вод, оскільки їх основною метою є повне видалення з очищеної води завислих речовин і тонкодисперсних емульгованих нафтопродуктів [5].

### 1.3 Аналіз публікаційної активності стосовно питання впливу НПЗ на довкілля

Було проведено аналіз публікаційної активності у базі даних SCOPUS за такими ключовими словами: «oil and gas industry», «sustainable development»,

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№ Інв.№дубл.	
Підп. і дата	
Інв.№лодл.	

					ТС 19510005		Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			14

and «environment» за останні 20 років. За результатами дослідження проведено кластерну візуалізацію основних досліджень роботи нафтопереробних підприємств у розрізі сталого розвитку. За одержаними даними з бази даних SCOPUS, за допомогою програмного забезпечення VOSviewer сформовано кластери інноваційних досліджень щодо проблеми очищення газу від сірководню. Виявлено чотири кластери (рис. 1.3)

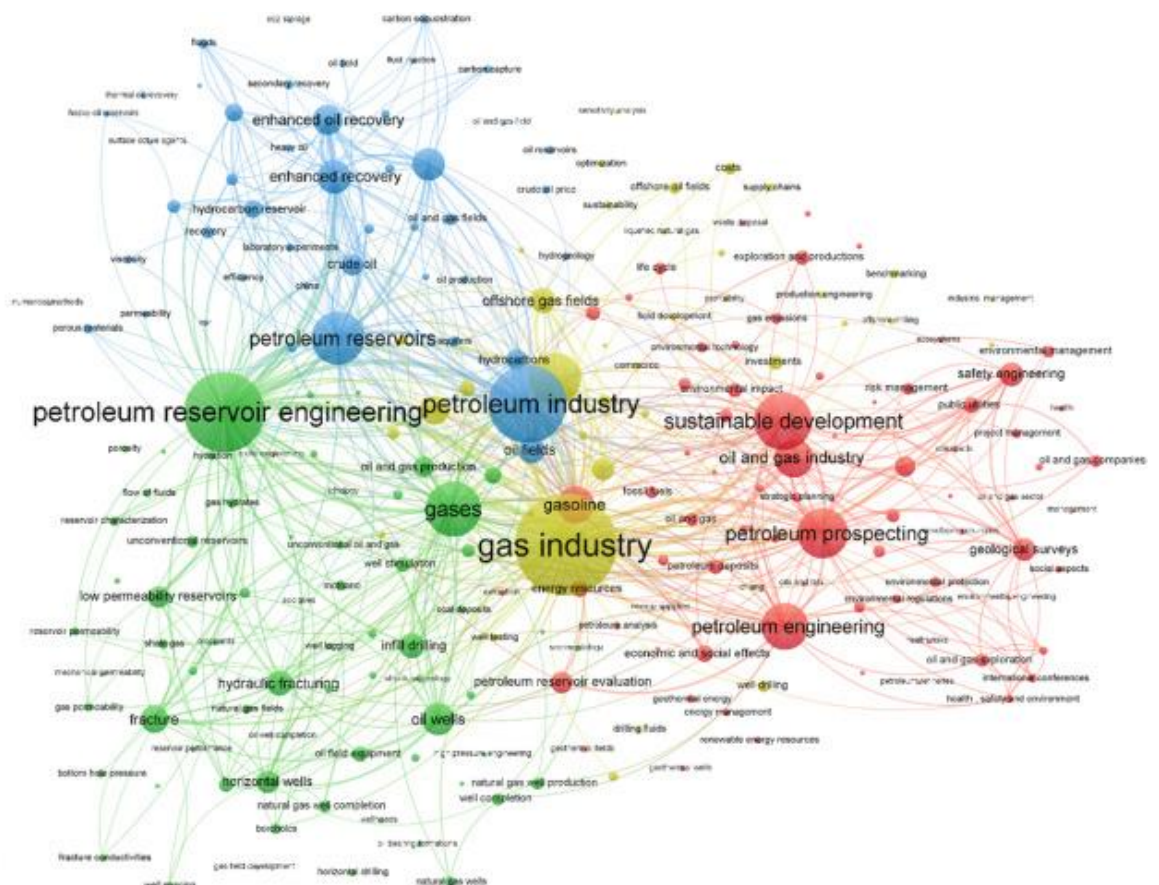


Рисунок 1.3 - Кластери візуального моделювання

Перший кластер (червоний колір) пов'язаний із проблемами сталого розвитку, зокрема забруднення навколишнього середовища та здоров'ям населення.

Другий кластер (зелений колір) зосереджений на процесах та технологія безпечного зберігання нафтопродуктів.

Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інкв.№дубл.	Інкв.№подл.

Останні два кластери були пов'язані з проблемами видобутку нафти (синій колір) та газу (жовтий колір) і їх впливом на довкілля [6, 7].

Проведений аналіз свідчить про зацікавленість наукової спільноти у вирішенні питання захисту довкілля від впливу нафтопереробних підприємств, що підкреслюється публікаційною активністю. Це обумовлює актуальність дипломної роботи.

#### 1.4 Висновок до розділу

За матеріалами даного розділу, можна зробити наступний висновок, що робота нафтопереробних заводів супроводжується впливами на довкілля, зокрема викидами забруднюючих речовин у атмосферне повітря та утворенням значних обсягів стічних вод, що містять у своєму складі нафтопродукти. У даній роботі проаналізовано існуючі системи очистки стічних вод з метою зменшення негативного впливу на гідросферу.

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ТС 19510005				Арк	
									Вип	Арк



## РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД НПЗ

### 2.1 Характеристика систем очистки стічних вод НПЗ

Найбільш поширений метод очищення стічних вод НПЗ вітчизняних підприємств складається з трьох етапів: механічна, фізико-хімічна та біологічна очистки.

Перший етап механічного очищення передбачає видалення як твердих, так і рідких забруднень. Фізико-хімічний процес передбачає видалення колоїдних частинок, нейтралізацію сірчано-лужних вод. Біологічне очищення передбачає видалення залишкових розчинених домішок. Слід зауважити, що біологічно очищені стічні води проходять додаткову обробку.

На даний момент застосовується два способи очищення стічних вод і системи каналізації [8].

Перший спосіб очистки передбачає очищення стічних вод виключно механічними методами за рахунок різної конфігурації нафтовловлювачів, ставків, флотаторів та піщаних фільтрів.

Другий спосіб, який виглядає більш перспективним, передбачає не тільки методи механічного та фізико-хімічного очищення, а й методи біологічного очищення.

У складі системи очищення стічних вод II системи каналізації входять установки механічної очистки, фізико-хімічної очистки, а також двох етапної біологічної очистки. Крім того, можуть використовуватися установки демінералізації води, а також її доочистки від зважених і розчинених органічних домішок. Приклади систем очистки стічних вод I та II систем каналізації наведені на рисунку 2.1.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 19510005

Арк

17

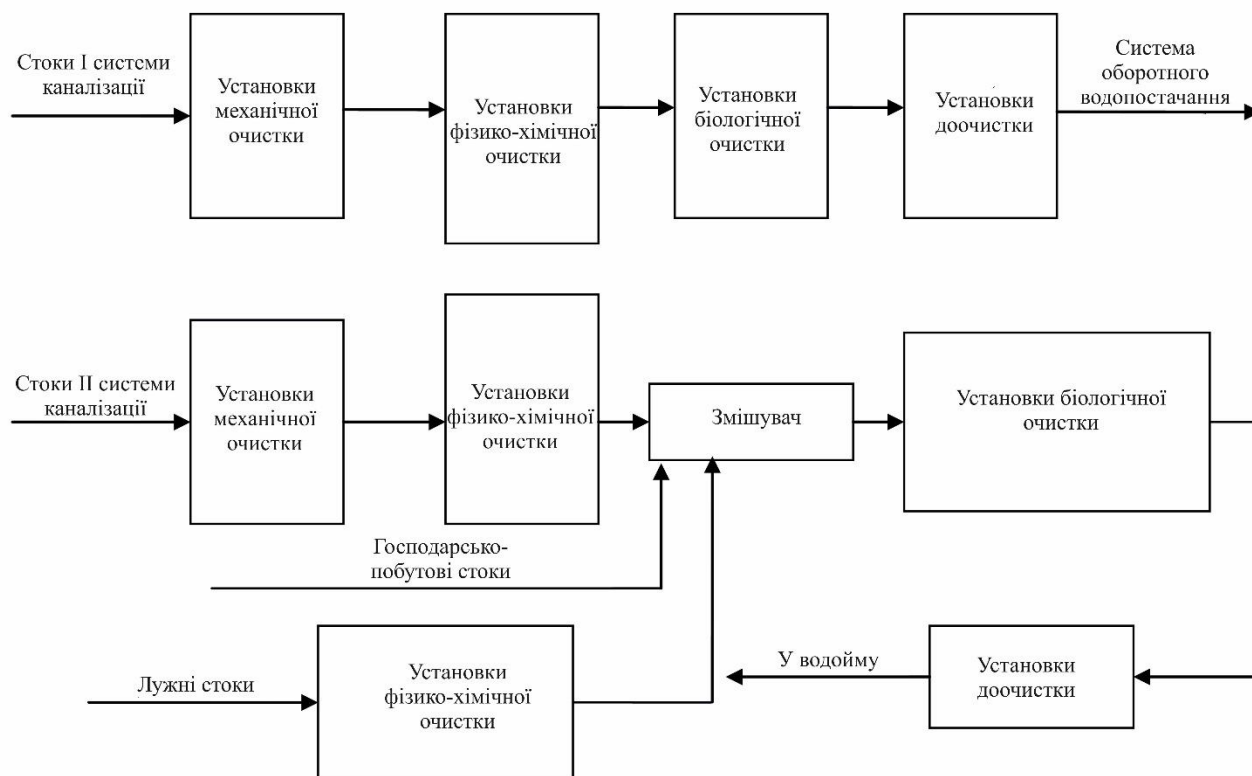


Рисунок 2.1 - Схеми організації очищення стічних вод на НПЗ

Стічні води з первинної та вторинної каналізаційних систем проходять обробку на різних установках, оскільки вони мають різну концентрацію та склад забруднюючих речовин. Очищені стічні води I системи каналізації часто використовуються для створення систем оборотного водопостачання підприємства. Однак оброблені стічні води з II системи каналізації не можуть бути включені в зворотний цикл через підвищений вміст солей (близько 5 – 6 г/л). Тому його очищають відповідним чином і згодом скидають у воду.

Початкові та наступні процедури очищення стічних вод каналізаційної системи мають схожість. Пісковловлювачі використовуються для фільтрації важких механічних домішок, грубих нафтопродуктів і піску. Якщо кількість стічних вод перевищує очікуваний ліміт, надлишки автоматично перенаправляються в аварійний амбар через дощову каналізацію. Як правило, аварійний амбар являє собою контейнер для бруду з бетонними ухилами,

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 19510005

Арк

18

створений для утримування всього об'єму дощової води з каналізованої області у разі опадів, які відбуваються щороку протягом 20 хвилин.

Після проходження пісколовок стічні води направляються до нафтоуловлювачів. У цих пастках дрібнодисперсні нафтопродукти і щільні суспензії відокремлюються. Після цього початкового етапу стічні води направляються в радіальні відстійники для додаткового відстоювання.

Після проходження механічного очищення концентрація нафтових речовин у воді знижується до 50-70 мг/л. Ця кількість перевищує допустиму межу в 25 мг/л, необхідну для того, щоб воду включили в процес біологічного очищення.

В результаті фізико-хімічні методи обробки впроваджуються в поточний процес очистки. З цією метою застосовують напірну флотацію з коагуляцією відповідно до початкових норм.

Флотаційні установки, які використовують тиск, працюють шляхом рециркуляції 50% очищеного потоку. Сульфат алюмінію, як правило, у кількості 50 мг/л, зазвичай використовується як коагулянт для стічних вод першої системи, а для другої системи потрібно 50-100 мг/л.

Після фізико-хімічної обробки кількість нафти у стічних водах І каналізаційної системи становить приблизно 25 мг/літр. Раніше ця вода використовувалася для збільшення запасів оборотної води, що призводило до порушення біологічної стійкості системи водопостачання. Це було пов'язано з тим, що очищена вода була біологічно нестійкою. Крім того, деякі заводи мали вихідну воду з першої каналізаційної системи, яка містила сульфідні в кількостях, що значно перевищували допустимий максимум у 20 мг/л. Для попередження подібних ситуацій, застосовуються методи біохімічної очистки.

Після флотації у другій каналізаційній системі вміст нафти у стічній воді знижується лише до 20-30 мг/л.

Очищення стічних вод з первинної каналізаційної системи здійснюється за допомогою біохімічного процесу, який передбачає спочатку пропускання

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	

ТС 19510005

Арк

19

води через одноступеневі аеротенки. Згодом суміш мулу розділяється у вторинних відстійниках. Рекомендується, щоб процес аерації в резервуарі повітря тривав рівно 6 годин, з дозою 2-4 г/л. Витрата оборотного осаду, що становить половину споживання стічної води, направляється в регенератор, займаючи 30% об'єму аеротенка. Вторинний відстійник призначений для 3-годинного відстоювання глиняної суміші.

Стічні води вторинної системи водовідведення піддаються біохімічному очищенню як окремо, так і сумісно з побутовими стічними водами, які пройшли механічне очищення. Процес біохімічного очищення відбувається за одноступінчастою або двоступінчастою схемою.

Для управління подачею стічних вод II каналізаційної системи використовується двоступеневий процес. В одноступінчастому аеротенку тривалість аерації не повинна перевищувати 6 годин з наступним 3-годинним відстоюванням мулової суміші. Двоступеневий процес очищення вимагає тривалості аерації 3,5 та 8 годин відповідно на кожному етапі та часу затримки 1,5 та 3 годин у вторинному та третьому відстійниках. З розвитком технологій обсяг стічних вод, які утворюються нафтопереробними заводами, зменшується.

Отже, розглянуті системи очистки стічних вод НПЗ мають два основні недоліки. Першим недоліком є тривалість очистки, особливо на етапі застосування біологічних методів. Другим недоліком являється габарити очисних систем, оскільки вони включають в себе декілька послідовно пов'язаних між собою установок, розташування яких вимагають займання значних території [9, 10].

## 2.2 Огляд механічних та фізико-хімічних методів очистки стічних вод НПЗ

Механічні методи очищення стічних вод НПЗ відносяться до первинних методів очистки і мають на меті вилучення крупнодисперсних чи нерозчинних

Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата		
Інв.№лодл.		

					ТС 19510005	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		20

включень. Для механічного очищення застосовують: нафтовловлювачі, та відстійники.

Нафтовловлювачі, що використовуються для очищення води від нафти та нафтопродуктів, мають свої власні принципи роботи і особливості конструкції. Принцип роботи нафтовловлювачів базується на розділенні рідин за допомогою різниці їх густини. В основі цього принципу лежить той факт, що нафта має меншу густину, ніж вода. Основним завданням нафтовловлювача є затримка та видалення нафти з води, щоб забезпечити її подальшу очистку.

Особливості конструкції нафтовловлювачів для очищення води включають ряд елементів та компонентів, зокрема:

– вхідний тракт: Вода, що містить нафту, вводиться в нафтовловлювач через спеціальний вхідний тракт, який забезпечує рівномірний розподіл потоку та зменшення швидкості руху води. Це допомагає досягти більш ефективного розділення нафти та води;

– роздільна камера: Конструкція нафтовловлювача включає роздільну камеру, де відбувається процес розділення нафти від води. У цій камері нафта, яка має меншу густину, нагромаджується у верхній частині, тоді як вода, що має більшу густину, залишається у нижній частині. Роздільна камера може мати спеціальні перегородки або ламелі, що сповільнюють потік та поліпшують розділення фаз;

– вихідний тракт: Очищена вода, яка залишається у нижній частині нафтовловлювача, видаляється через вихідний тракт для подальшої обробки або використання. Зібрана нафта у верхній частині нафтовловлювача видаляється за допомогою спеціальних нафтових зливів або засосів.

Окрім цього, нафтовловлювачі можуть бути оснащені різноманітними контрольними пристроями, які дозволяють вимірювати рівні нафти та води, тиск, температуру тощо. Це допомагає контролювати та оптимізувати процес роботи нафтовловлювача.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№покл.	

ТС 19510005

Арк

21

Вип Арк № докум. Підп. Дата

Загалом, нафтовловлювачі для очищення води мають просту, але ефективну конструкцію, яка базується на принципі розділення фаз за різницею у густині. Вони допомагають зменшити забруднення водних джерел нафтою та нафтопродуктами, що є важливим аспектом екологічного управління нафтопереробними підприємствами. Загальний вигляд нафтовловлювачів наведено на рисунку 2.2 [11].

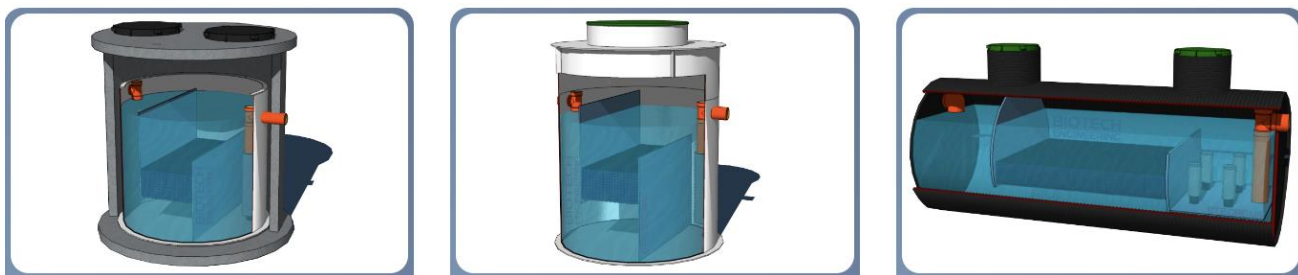


Рисунок 2.2 – Загальний вигляд нафтовловлювачів різних конструкцій  
(джерело: <https://bte.org.ua>)

Відстійник (або осадник) використовується для відокремлення твердих частинок від рідини. Він працює на основі принципу гравітаційного осідання, де тверді частинки, такі як пісок, глина або інші тверді речовини, осідають на дно відстійника, а очищена рідина виходить з нього. Відстійники можуть мати різні конструкції, включаючи прямокутні, круглі або циліндричні резервуари з вхідними та вихідними отворами, а також додатковими пристроями для видалення осаду, такими як шнеки або скребокні механізми.

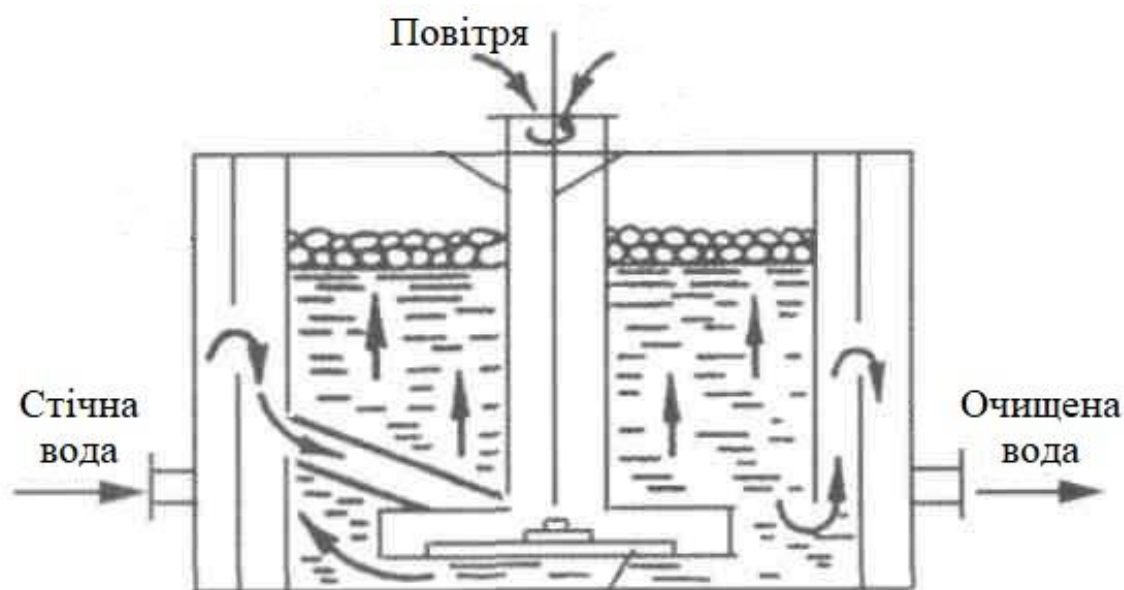
Отже, хоча обидва пристрої використовуються для очищення рідини, нафтовловлювач спрямований на відокремлення нафти або нафтоподібних речовин, тоді як відстійник призначений для відокремлення твердих частинок. Конструкція і принцип роботи кожного з них відрізняються залежно від їхньої специфічної функції та вимог ефективного очищення рідини від певних забруднень [11].

Фізико-хімічні методи очистки стічних вод НПЗ засновані на флотації.

Інв.№лодл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата

							ТС 19510005	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата				22

Принцип роботи флотатора полягає у наступному: забруднена вода подається в флотатор, зазвичай через вхідний трубопровід або розподільник (рисунок 2.3). В процесі подачі можуть застосовуватися регулюючі пристрої для рівномірного розподілу води. Для поліпшення процесу флотації до води можуть додаватися хімічні реагенти, такі як коагулянти або флокулянти. Ці реагенти допомагають згрупувати тверді частинки разом, утворюючи більші флокули, що полегшує їх відокремлення. Наступним етапом є утворення бульбашок повітря: Флотатор має систему введення повітряних бульбашок в рідину. Це може бути здійснено за допомогою дисперсійних трубок або спеціальних пристроїв, які генерують бульбашки. Тверді частинки та легкі забруднення відтягуються до поверхні рідини за допомогою утворених бульбашок повітря. Бульбашки повітря прикріплюються до частинок і утворюють з ними плаваючі агрегати, які називаються флокулами. Флокули виходять на поверхню рідини у вигляді плаваючого шару або піни. У верхній частині флотатора знаходиться система збору флокулів. Вони можуть бути зібрані за допомогою пластинчатих або трубчастих плівок, або інших пристроїв. Зібрані флокули формують товсту шару або піну, яка видаляється з флотатора. Очищена вода, яка проходить через флотатор, видаляється через вихідний трубопровід або відводиться в інший контейнер для подальшої обробки або використання.



Підп. і дата	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Інв.№поодл.

					ТС 19510005		Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			23

### Рисунок 2.3 – Схема роботи флотатора

В цілому, флотатори є ефективними пристроями для видалення суспендованих твердих частинок та легких забруднень з води. Вони знаходять широке застосування в промислових і комунальних системах очищення води, дозволяючи покращити якість води та зберегти навколишнє середовище [12].

Процес адсорбції використовується для видалення розчинних домішок, які містяться в газах і рідинах. Цей процес може проявлятися двома способами: на поверхні речовини, також відомий як адсорбція, або всередині речовини, відомий як абсорбція.

Процес адсорбції включає вибіркоче поглинання домішок рідини або газу поверхнею твердого адсорбенту. Однією з помітних характеристик уловлювання домішок за допомогою методів адсорбції є висока ефективність, яка проявляється при низькій концентрації домішок, що робить їх ідеальними для обробки великих потоків.

Техніка адсорбції має широке застосування в інтенсивному очищенні стічних вод, які були забруднені нафтовими сполуками. Виходячи зі специфіки взаємодії між адсорбатом і адсорбентом, виділяють три види адсорбції: фізисорбцію, хемосорбцію і активовану адсорбцію. В якості адсорбентів використовуються активоване вугілля, синтетичні адсорбенти та деякі промислові відходи [12].

Очищення води за допомогою методів іонного обміну зазвичай виконується для видалення іонів металів та інших домішок з води, особливо з метою опріснення. Фундаментальний принцип іонного обміну полягає в тому, що конкретні матеріали, які використовуються в процесі, здатні виводити іони з розчину електроліту, обмінюючи їх на еквівалентну кількість іонів.

Процес очищення води передбачає використання іонітів, які є синтетичними смолами для іонного обміну. Ці смоли випускаються в гранульованому вигляді з розмірами від 0,2 до 2 мм. Іоніт складається з

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і дата	ТС 19510005				Арк
					Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата



полімеру, нерозчинного у воді. Його поверхня складається з активних іонів, катіонів або аніонів. Ці іони можуть вступати в хімічну реакцію з іонами такого ж типу, які присутні у воді, залежно від умов навколишнього середовища.

Швидкість іонного обміну між іонами води та промитими частинками нафти відіграє вирішальну роль у кінетиці цього процесу.

Після очищення частинок вони покриваються статичною водною плівкою на зовнішній поверхні. Товщина цієї плівки визначається швидкістю води, яка використовується для очищення, а також розміром частинок нафти. Щоб отримати доступ до внутрішньої частини забруднювача, іони функціональної групи повинні дифундувати крізь плівку та перетнути граничну поверхню частинки перед тим, як потрапити в розчин, що набухає. Кінцева мета полягає в тому, щоб іони асоціювалися з функціональною групою. Найважливішим аспектом цього процесу є дифузія іонів через плівку, яка визначена як первинна стадія [12, 13].

Екстракційний метод очищення стічних вод використовується, коли концентрація органічних речовин у стічних водах перевищує 2 г/л. Екстрагент використовується для розчинення органічних речовин, що містяться у стічних водах. Після розчинення цих органічних речовин їх концентрація в екстрагенті стає значно вищою, ніж у стічній воді. Потім екстрагент відокремлюють від стічних вод, оновлюють і видаляють з нього органічні речовини перед повторним використанням для очищення.

Щоб забезпечити ефективне очищення стічних вод, застосований екстрагент повинен відповідати певним критеріям. По-перше, він повинен бути здатний ефективно розчиняти органічні речовини, залишаючись нерозчинним у воді. Крім того, екстрагент повинен мати більшу щільність, ніж вода, для легкого відділення. Нарешті, бажано мати легкодоступний метод регенерації розчинника без будь-яких втрат екстрагента.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 19510005	Арк
						25

Для очищення стічних вод використовують різні екстрагенти: хлороформ, чотирихлористий вуглець, діізопропіловий і дибутиловий ефіри, бутилацетат, бензол, толуол.

Технологія, яка використовується для очищення стічних вод, включає серію етапів, які включають змішування стічної води з екстрагентом, екстрагування екстрагента для розчинення органічних сполук і, нарешті, видалення та регенерацію екстрагента для досягнення максимальної ефективності.

Щоб з'єднати екстрагент з водою в промислових умовах, часто використовується метод протиточної екстракції. Це передбачає рух екстрагента та води назустріч один одному, а також дозволяє стічній воді рухатися знизу вгору як легка фаза. Екстрагент, навпаки, рухається зверху вниз. Розподіл екстрагенту по об'єму колони здійснюється за допомогою форсунок, тарілок або механічного перемішування (як показано на рис. 2.4).

Для досягнення збалансованого розподілу екстрагента в екстракційній колоні внутрішній простір колони обладнаний форсунками. Екстрагент вводиться у верхню частину колони і для посилення процесу очищення розсіюється в кількох точках за допомогою інжекторів, які розподіляють його у вигляді дрібних крапель. Важливо переконатися, що стічна вода протікає через колону зі швидкістю, яка на 15-20% нижча за критичну швидкість, з якою стічна вода видаляє екстрагент із колони.

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і дата

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510005

Арк

26

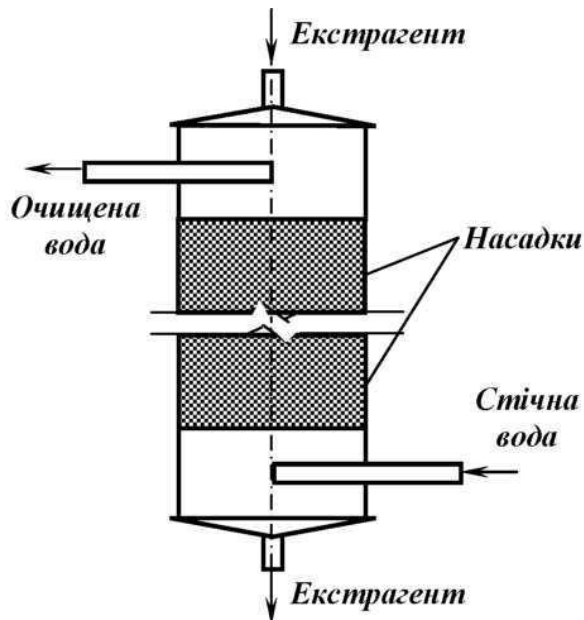


Рисунок 2.4 – Екстракційна колона

Для вилучення речовин існують різні способи: колонки з сітчастими насадками, колонки зі знімними сітчастими насадками, відцентрові екстрактори, екстрактори змішувально-відстійного типу.

Як правило, бензол використовується як екстрагент у процесі екстракції усунення фенольних речовин зі стічних вод.

Щоб витягти потрібну речовину, метод вимагає ряду етапів, що включають змішування стічної води та екстрагента з подальшим відділенням рідкої фази.

Метод евапорації, який використовує водяну пару для очищення промислових стічних вод, є фізико-хімічним методом.

Процес випаровування передбачає використання насиченої пари, яка пропускається через стічні води, нагріті приблизно до 100°C. Пара призначена для збору різних летких речовин, які забруднили воду. Потім ці речовини відфільтровують, пропускаючи пару через абсорбент, який також був нагрітий приблизно до 100°C. Потім цей абсорбент можна використовувати повторно, що робить його ефективним і екологічно свідомим методом очищення стічних вод.

Підп. і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№покл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 19510005

Арк

27

Евапораційні колони, які використовуються для очищення за допомогою цього процесу, складаються з двох основних компонентів – випарної частини та абсорбційної частини (як показано на рисунку 2.5).

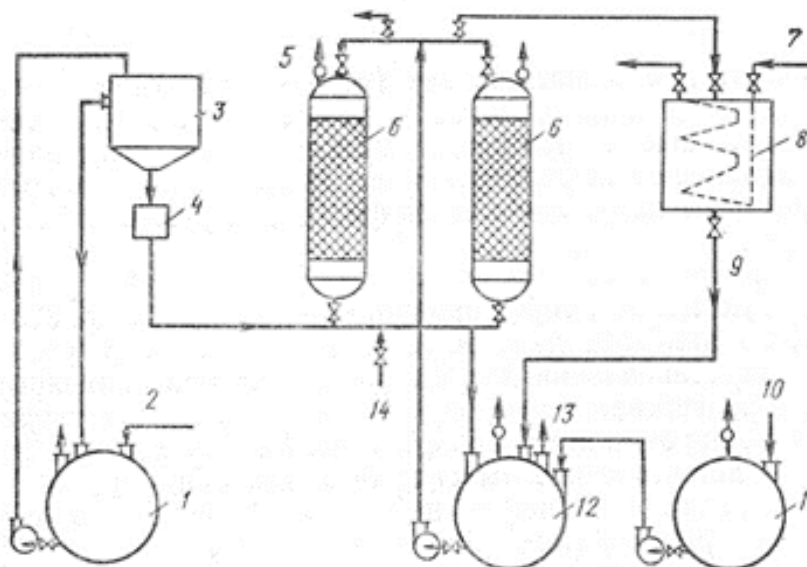


Рисунок 2.5 – Евапораційна колона: 1 – збірник стічних вод; 2 – подача стічної води; 3 – напірна ємність; 4 – регулятор швидкості напору; 5 – очищена вода; 6 – колона; 7 – подача охолоджуючої води; 8 – конденсатор; 9 – конденсат; 10 – розчинник; 11 – збірник розчинника; 12 – збірник екстракту; 13 – екстракт на ретифікацію; 14 –гострий пар (джерело: <http://gardenweb.ua>)

Евапораційний спосіб очищення виділяється простотою, високими техніко-економічними показниками, відсутністю додаткового забруднення реагентами, що залишаються у воді, що надає йому значних переваг.

Стічні води, які пройшли фізико-хімічне очищення, також повинні пройти біологічне очищення [12, 13].

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

### 2.3 Огляд біологічних методів

Системи первинної біологічної очистки, що використовуються на НПЗ, складаються з двох типів резервуарів: аеротенків і вторинних відстійників. Як правило, на очисних спорудах використовуються аеротенки з розподіленим входом стічних вод, а також гібридні аеротенки. На другому етапі процесу очищення часто використовується звичайний повітряний балонний витіснювач. Біофільтри зазвичай не використовуються вітчизняними підприємствами, оскільки вони мають менший очисний ефект, ніж аеротенки.

Принцип роботи біологічної очистки включає наступні етапи:

– попередня обробка: Стічні води, які містять нафтопродукти, тверді частинки та інші забруднення, піддаються передочистці. Це включає видалення великих твердих частинок механічними чи фізико-хімічними методами. Цей етап допомагає зменшити навантаження на біологічну стадію очищення;

– аеробна біологічна стадія: Стічна вода подається до аеробного біореактора, де утворюється сприятливе середовище для розвитку аеробних бактерій. Ці бактерії використовують кисень для розкладання органічних забруднень у воді на більш прості речовини, такі як вуглекислий газ та воду. Цей процес забезпечує зменшення концентрації органічних сполук у стічних водах;

– анаеробна біологічна стадія: Деякі біологічні системи включають анаеробний процес, де стічна вода переходить до анаеробного біореактора. У цьому середовищі живуть анаеробні бактерії, які здатні розкласти органічні забруднення без наявності кисню. Вони перетворюють ці речовини на метан та вуглекислий газ;

– фінальна обробка: Отримана після біологічної очистки вода піддається фінальній обробці для зниження концентрації залишкових забруднень. Це може включати використання хімічних коагулянтів для збору дрібних частинок або фільтрацію через пісок, вугільний матеріал або мембрани для усунення додаткових забруднень.

Підп. і дата	
Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.
Підп. і дата	
Інв. № покл.	

											ТС 19510005	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата								29

Біологічна очистка стічних вод НПЗ є ефективним методом, оскільки вона використовує природні біологічні процеси для розкладу органічних речовин. Вона дозволяє зменшити вміст забруднень у стічних водах та знизити негативний вплив на довкілля.

Ефективність і економічність біологічного очищення стічних вод значною мірою залежить від гідродинамічного режиму роботи аеротенка, який відіграє вирішальну роль у створенні сприятливих умов для культивування мікроорганізмів.

Конструкція аеротенка може відрізнятися в залежності від кількох факторів, таких як тип системи аерації, підхід, який використовується для розсіювання потоку стічних вод, і метод, який використовується для перетворення осаду. Крім того, існують аеротенки, які йдуть в поєднанні з відстійниками і фільтрами, з регенерацією активного мулу або без неї.

Основна функція аераційної системи полягає в забезпеченні та розподілі повітря або кисню в аеротенк, тим самим підтримуючи активний мул у зваженому стані.

Змішувальні аеротенки, які повністю перемішані, розпізнаються за рівномірним розподілом вхідної води та активного мулу по всій довжині споруди, а також за рівномірним видаленням суміші мулу. Повне змішування стічних вод і мулової суміші призводить до вирівнювання концентрації мулу і швидкості біохімічного окислення. Отже, повітряний резервуар для змішування більше підходить для очищення концентрованих промислових стічних вод, що містять забруднюючі речовини з коливаючими витратами, складами та кількостями. Конструкція подібного аеротенку наведена на рисунку 2.6 [13].

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

						ТС 19510005	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			
							30

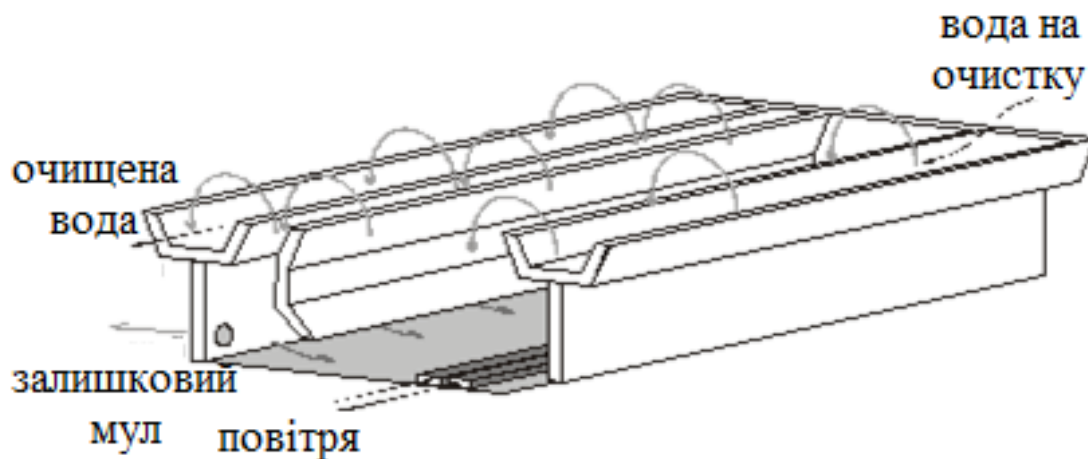


Рисунок 2.6 - Аеротенк-змішувач

Аеротенк-витіснювач є унікальною конструкцією, яка відрізняється від інших типів аеротенків, таких як аеротенк-змішувач і аеротенк проміжного типу. У цій структурі очищена стічна вода поступово тече від входу до випуску, злегка змішуючись з попередньо очищеною стічною водою. Процеси, що відбуваються в цих резервуарах, характеризуються зміною швидкості реакції, яка є результатом поступового зниження концентрації органічних забруднювачів у міру руху води. Важливо відзначити, що ці структури чутливі до змін концентрації органічних речовин у живильній воді, особливо щодо коливань потоку токсичних стічних вод. Тому рекомендується використовувати ці споруди для очищення міських і побутових стічних вод, склад яких схожий на склад промислових і побутових стічних вод (рисунок 2.7) [14].

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і дата

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510005

Арк

31

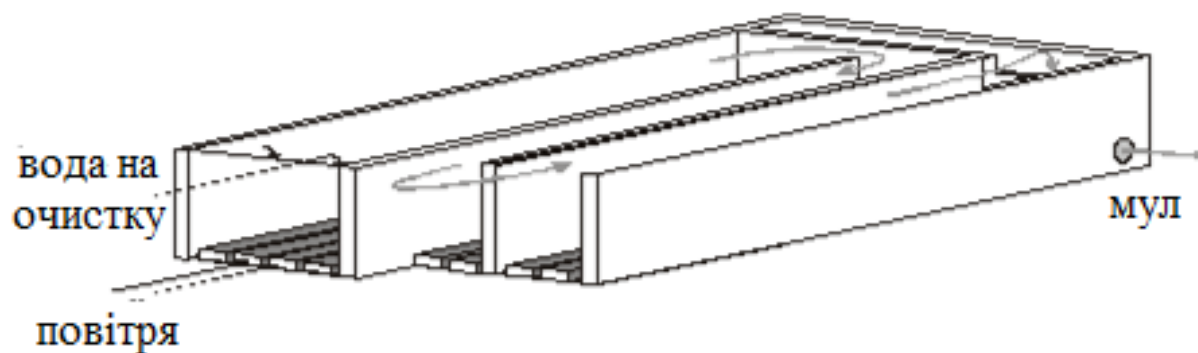


Рисунок 2.7 - Аеротенк-витіснювач

У випадках, коли потік стічних вод і токсичні речовини не відчують значних коливань, менший і простіший повітряний резервуар є кращим варіантом порівняно з гібридним повітряним резервуаром.

Щоб запобігти шкідливому впливу надходження концентрованих стічних вод, перший відсік аеротенка повинен бути відповідного розміру. Ця секція зазвичай сконструйована як змішувач повітряного резервуару та відповідає за рівномірний розподіл стічної води. Для оптимальної ефективності відстань між точками виходу повинна бути не менше ширини коридору. Розмір випускних отворів розподільної ємності повинен бути таким, щоб 50% потоку стічної води потрапляло в цю секцію. Конфігурація витіснювача повітря, включаючи тип використовуваного сегмента, повинна бути розрахована на правильну роботу за схемою регенерації активного мулу, при цьому на регенерацію мулу припадає 25-50% об'єму будівлі.

Для очищення суміші міських і промислових стічних вод використовуються аеротенки, оснащені водоприймачами, які розподіляються між змішувачами та екструдерами.

Аеротенк може бути інтегрований незалежно від вторинного відстійника або об'єднаний у прямокутний блок. Поєднання аеротенків і відстійників забезпечує ряд переваг, включаючи збільшення рециркуляції мулової суміші без

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

						ТС 19510005	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			32





Вторинні відстійники діляться на три види: вертикальні, горизонтальні і радіальні. Вертикальний тип зазвичай використовується в очисних спорудах, які можуть вмістити до 20 000 м<sup>3</sup>/добу. З іншого боку, горизонтальний і радіальний типи використовуються для середніх і великих очисних споруд, які мають продуктивність понад 15 000 м<sup>3</sup>/добу [17, 18].

Інв. №поділ.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і дата	ТС 19510005	Арк
						34
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		



також можливостей і загроз, а також побудову матриці SWOT-аналізу для кращої їх візуалізації та організації. [19]

Матриця для SWOT-аналізу складається з різних факторів, таких як можливості та загрози, які можуть мати негативний або позитивний вплив на діяльність організації. (рисунок 3.1).

		Зовнішнє середовище	
		Можливості (шанси) 1 2 тощо	Загрози 1 2 тощо
Внутрішнє середовище	Сильні сторони 1 2 тощо	Поле СіМ (заходи)	Поле СіЗ (заходи)
	Слабкі сторони 1 2 тощо	Поле СлМ (заходи)	Поле СлЗ (заходи)

Рисунок 3.1 – Приклад матриці SWOT-аналізу

У верхній частині матриці наведено сильні та слабкі сторони, які були виявлені, тоді як у лівій частині наведено перелік можливостей і загроз, які впливають із зовнішнього середовища, а також оцінку їхнього значення для загального процесу.

Матриця SWOT-аналізу складається з полів, які формуються на перетині різних складових груп елементів, висвітлюючи сильні та слабкі сторони, можливості та загрози; ці поля характеризуються унікальними комбінаціями, які слід враховувати при формулюванні конкретного типу стратегії:

– поле СіМ – передбачає розробку стратегій підтримки та розвитку сильних сторін процесу для реалізації можливостей у зовнішньому середовищі;

Підп. і дата
Інв.№дубл.
Взаєм.інв.№
Підп. і дата
Інв.№покл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 19510005

Арк

36

- поле СіЗ – позиціонування стратегії протидії загрозам за рахунок використання внутрішніх резервів;
- поле СлМ – спрямування дій процесу на використання можливостей для подолання слабких місць у її внутрішньому потенціалі;
- поле СлЗ – передбачає розробку стратегії, яка дозволяє процесу не тільки підвищити свій потенціал, але й уникнути можливих загроз у зовнішньому середовищі.

Застосування SWOT-аналізу дає можливість встановити взаємозв'язки між складовими матриці та знайти найбільш оптимальний напрямок розвитку процесу. Таким чином поєднання негативних і позитивних факторів, що впливають на внутрішню і зовнішню діяльність, допомагає правильно оцінити майбутні можливості процесу [20].

### 3.2 SWOT-аналіз розглянутих методів

З метою визначення найбільш ефективного методу очистки стічних вод НПЗ у даному розділі буде проведено SWOT-аналіз трьох методів очистки: механічного, фізико-хімічного та біологічного.

У Додатку А наведено матрицю SWOT-аналізу механічного методу очистки стоків. Серед основних переваг даного методу наведено:

- низька вартість обладнання і обслуговування у процесі експлуатації у порівнянні з іншими методами;
- простота обслуговування технічного процесу;
- компактність і варіативність розмірів обладнання.

До недоліків застосування механічного методу очистки відноситься:

- низька ефективність очистки при високому рівні забруднення стічних вод;
- необхідність використання у комплексі з іншими методами очистки;

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і дата	ТС 19510005				Арк
					Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

– однакова ефективність очистки при різній температурі та концентрації забруднень.

– тривалий процес очистки.

До можливостей, що відкриваються перед виробництвом при застосуванні механічного методу очистки слід виділити наступне: інтенсифікація послідовних процесів очистки (фізико-хімічний, біологічний) за рахунок покращення якості стічних вод.

Серед загроз, з якими можна зіткнутися при використанні механічного методу очистки є: при самостійному використанні (без застосування інших методів) механічний метод очистки не зможе забезпечити належну якість стічних вод на виході.

У Додатку Б наведено матрицю SWOT-аналізу фізико-хімічного методу очистки стоків. Серед основних переваг даного методу наведено:

– вища ефективність очистки у порівнянні з механічним методом;  
– швидкість перебігу процесу у порівнянні з механічним методом;  
– однакова ефективність очистки при різній температурі та концентрації забруднень.

До недоліків застосування фізико-хімічного методу очистки відноситься:

– висока вартість реагентів;  
– необхідність установки додаткового обладнання (змішувач, дозатор);  
– ефективний виключно у комплексі з іншими методами очистки.

До можливостей, що відкриваються перед виробництвом при застосуванні фізико-хімічного методу очистки слід виділити наступне: можливість інтенсифікації процесу очистки чи пошуку інших (дешевших) реагентів за рахунок постійних наукових досліджень у даному напрямку.

Серед загроз, з якими можна зіткнутися при використанні фізико-хімічного методу очистки є: зупинка процесу очистки за рахунок виникнення проблем із поставкою реагентів.

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 19510005

Арк

38

У Додатку В наведено матрицю SWOT-аналізу біологічного методу очистки стоків. Серед основних переваг даного методу наведено:

- простота та надійність конструкції обладнання;
- не високі фінансові затрати як при становленні обладнання, так і під час його експлуатації;
- можливість інтенсифікації процесу за рахунок зміни параметрів мікроклімату у аеротенку (швидкість подачі повітря, температури, тощо).

До недоліків застосування біологічного методу очистки відноситься:

- необхідність підтримки певного діапазону умов перебігу процесу;
- необхідність додаткової доочистки від механічних забруднень по завершенню процесу;
- великі габарити обладнання у порівнянні з механічними та фізико-хімічними методами очистки.

До можливостей, що відкриються перед виробництвом при застосуванні біологічного методу очистки слід виділити наступне: постійні наукові дослідження у даному напрямку дозволяють модернізувати технологічний процес з підвищення ефективності очистки та усунення недоліків.

Серед загроз, з якими можна зіткнутися при використанні біологічного методу очистки є: можливість перевищення проектної продуктивності по витраті стічних вод.

Отже, як видно з проведеного SWOT-аналізу, основним недоліком розглянутих методів є необхідність їх застосування у комплексі з іншими методами очистки через низьку ефективність чи потребу у доочистці.

### 3.3 Матеріальний баланс первинної системи очистки стоків НПЗ

Для розрахунку матеріального балансу прийнята система очистки І каналізації, наведена на рисунку 2.1 даної роботи. Механічні методи очистки

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

представлені пісковловлювач та нафтовловлювачем, фізико-хімічні – флотатором, а біологічні - аеротенком.

Показники якості та продуктивності очисної системи прийняті наступні:

- продуктивність очисних споруд – 60 тис. м<sup>3</sup>/добу;
- концентрація забруднюючих речовин на вході: нафтопродукти – 9 мг/л;
- ефективність очисних споруд наступна: пісковловлювач – 48 %, нафтовловлювач – 55 %, флотатор – 90 %, аеротенк – 92 %.

Матеріальний баланс наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Матеріальний баланс очисних споруд

Очисна установка	Показник	Вхід (т/добу)	Вихід (т/добу)
Пісковловлювач	Стічна вода	59 964,66	59 904,62
	Нафтопродукти	35,34	18,33
	Осад	-	77,05
	Σ	60 000	60 000
Нафтовловлювач	Стічна вода	59 904,62	59 912,54
	Нафтопродукти	18,33	8,17
	Осад	-	2,24
	Σ	59 922,95	59 922,95
Флотатор	Стічна вода	59 912,54	59916,216
	Нафтопродукти	8,17	0,798
	Осад	-	3,696
	Σ	59 920,71	59 920,71
Аеротенк	Стічна вода	59916,216	59 916,954
	Нафтопродукти	0,798	0,06
	Осад	-	-
	Σ	59 917,014	59 917,014
Вторинний відстійник	Стічна вода	59 916,954	
	Нафтопродукти	0,06	
	Осад	-	
	Σ	59 917,014	

Схема матеріального балансу наведена на рисунку 3.1.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№поодл.	



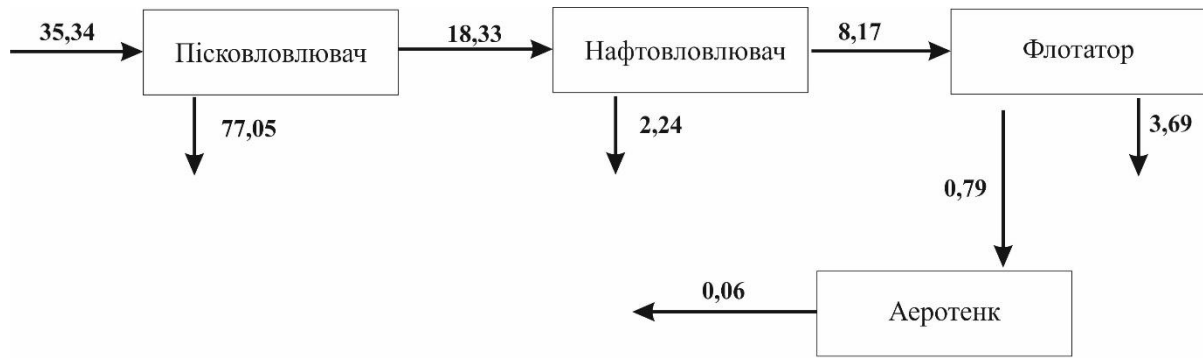


Рисунок 3.1 – Матеріальний баланс очисних споруд (по нафтопродуктам)

Як видно зі схеми матеріального балансу, основна маса нафтопродуктів видаляється на першому етапі очистки (пісковловлювач), далі, з кожним етапом маса вловлених забруднюючих речовин зменшується, хоча ефективність очистки вища. Це пояснюється тим, що первинні установки очистки направлені на механічну очистку, тобто видалення крупних домішок чи плівки, а розчинені чи зв'язані забруднюючі речовини, слід видаляти більш тоншими методами (біологічними чи фізико-хімічними).

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і дата	ТС 19510005	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		41

## РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 4.1 Охорона праці в хімічній лабораторії

При роботі в хімічних лабораторіях необхідно враховувати вимоги НПАОП 73.1-1.06-77 «Основні правила безпечної праці в хімічних лабораторіях» [12].

Усі роботи, пов'язані з виділенням небезпечних парів або газів, необхідно виконувати у витяжній шафі. Заборонено виконувати таку роботу при поганій або закритій вентиляції.

Категорично забороняється зберігати реактиви без етикетки з інформацією про назву і склад речовини.

Безлад у лабораторних коридорах і проходах, а також у протипожежному інвентарі неприпустимий.

Забороняється зберігати та переносити продукти харчування в хімічній лабораторії.

При роботі у вечірній і нічний час в лабораторії повинно бути не менше двох осіб, одна з яких повинна бути призначена головною.

Працівники, які працюють на нових видах легкозаймистих і вибухонебезпечних робіт, повинні пройти початковий інструктаж від свого керівника з техніки безпеки, гігієни праці і пожежної безпеки.

До зберігання речовин пред'являються особливі вимоги. Загальна кількість легкозаймистих рідин, що одночасно зберігаються в кожному приміщенні, не повинна перевищувати добової потреби. Основні запаси цих речовин повинні зберігатися на спеціально відведених складах. Неприпустимо зберігати легкозаймисті рідини в пластикових ємностях.

Підп. і дата
Інв.№дубл.
Взаєм.інв.№
Підп. і дата
Інв.№поодл.

					ТС 19510005	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		42

Сильно отруйні речовини, такі як миш'як і його сполуки, синильна кислота і її солі, необхідно зберігати в герметичних шафах або залізних ящиках із замками у спеціально відведених для цього місцях.

Ємності з отруйними речовинами повинні мати яскраві етикетки з чітким написом «Отрута!». і назва речовини. Відповідальність за зберігання, облік і споживання сильнодіючих і отруйних речовин покладається на персонал, визначений підприємством (установою, організацією) [22].

#### 4.2 Безпека життєдіяльності при пожежах на підприємстві

Пожежа – це неконтрольований руйнівний процес, який веде до виділення тепла, завдає матеріальних збитків, завдає шкоди здоров'ю та життю людей.

Причинами виникнення пожежі може бути:

- порушення правил експлуатації електрообладнання або його вихід з ладу;
- невідповідність технічним регламентам;
- недотримання правил пожежної безпеки, наприклад куріння в приміщенні, не дозволених для цього процесу місцях, розпалювання багать тощо;
- необережне поводження з вогнем.

До пожежної небезпеки відносяться: спека, погана видимість, власне продукти горіння.

Вибух — це явище, при якому за короткий проміжок часу виділяється велика кількість теплової енергії. Наслідки вибуху включають утворення та поширення ударної хвилі, яка може спричинити механічні пошкодження навколишнього середовища. До основних факторів вибуху відносяться: ударна хвиля та осколки, що утворюються при руйнуванні об'єктів.

У разі виникнення пожежі працівники повинні вжити наступних заходів:

1.1. У разі небезпеки вибуху ляжте на землю, прикрийте голову руками та тримайтеся на певній відстані від вікон, скляних дверей, проходів чи сходів.

Інв. №	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата

ТС 19510005

Арк

Вип Арк № докум. Підп. Дата

43

1.2. При вибуху не панікувати, а при необхідності надати першу допомогу.

1.3 При виявленні перших ознак пожежі (дим, запах гару тощо) необхідно вжити таких заходів:

- негайно зверніться до пожежної охорони (за номером «101»), повідомивши адресу, місце пожежі та особисті дані;

- швидко евакууйте людей і забезпечте запаси, якщо це можливо.

1.4. У випадку спалаху одягу на людині необхідно швидко обмежити доступ кисню, зняти одяг та притиснути його.

1.5 Після прибуття на місце пожежі керівники та уповноважені працівники пожежної безпеки підприємства повинні:

- повторіть запит до пожежної частини та повідомте керівництво про виникнення пожежі;

- якнайшвидше евакуювати людей;

- перевірити придатність системи протипожежного захисту;

- якщо необхідно, вимкніть живлення та використовуйте все можливі протипожежні заходи;

- негайно припинити будь-яку виробничу діяльність, крім тої, що пов'язана з протипожежним захистом;

- вивести з небезпечної зони всіх працівників, крім задіяних у протипожежних заходах. Евакуацію проводити відповідно до встановленого плану евакуації на випадок надзвичайної ситуації;

- вжити заходів для локалізації пожежі до прибуття пожежників;

- за можливості, вжити заходів щодо захисту матеріальних цінностей;

- створити та проконтролювати найшвидший та найефективніший шлях під'їзду для пожежних;

- у разі наявності на підприємстві швидкозаймистих вибухонебезпечних чи хімічно небезпечних речовин повідомити про це пожежних [23].

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 19510005

Арк

44



## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Мала гірнича енциклопедія, т. 2 / За редакцією В.С.Білецького. – Донецьк: Донбас, 2007. – 652 с.

2. Гринчук Д. І. Аналіз стану і тенденцій розвитку ринку нафти і нафтопродуктів (національний аспект) : міждисциплінарна курсова робота з економічної теорії. – Тернопільський національний економічний університет, 2017 р. [Джерело: [http://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/30276/1/%D0%93%D1%80%D0%B8%D0%BD%D1%87%D1%83%D0%BA%20%D0%94.%D0%86.\\_%D0%95%D0%9A-21.pdf](http://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/30276/1/%D0%93%D1%80%D0%B8%D0%BD%D1%87%D1%83%D0%BA%20%D0%94.%D0%86._%D0%95%D0%9A-21.pdf)] (Дата звернення: 17.05.2023).

3. Зима О. Є. Нафтогазова промисловість в Україні в умовах війни: проблеми та перспективи розвитку економіки : Матеріали XII Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції з міжнародною участю 10 листопада 2022 року. – Національний університет «Полтавська політехніка ім. Юрія Кондратюка», 2022 р.

4. Малярєнко В.А. Енергетика і навколишнє середовище. Монографія – Харків. «Видавництво САГА», 2008. – 364 с.

5. Бойченко С. В. Оцінка екологічного впливу нафтопереробного підприємства на навколишнє середовище : Енергетика: економіка, технології, екологія. № 4, 2016 р.

6. База даних SCOPUS. Вебсайт. [Джерело: <https://www.scopus.com/home.uri> ] (Дата звернення: 17.05.2023).

7. Tamala, J.K.; Maramag, E.I.; Simeon, K.A.; Ignacio, J.J. A bibliometric analysis of sustainable oil and gas production research using VOSviewer. Clean. Eng. Technol. 2022,7, 100437.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

					ТС 19510005		Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			46

8. Технологічні основи нафто- та газопереробки: навчальний посібник / В.І.Склабінський, О.О.Ляпощенко, А.Є.Артюхов. – Суми: Сумський державний університет, 2011. – 186 с.

9. Малярєнко В.А. Енергетика і навколишнє середовище. Монографія – Харків. «Видавництво САГА», 2008. – 364с.

10. Залеський І.І. Екологія людини: підручник / І.І. Залеський, М.О. Клименко – Рівне, 2013. – 385 с.

11. Сорокіна К. Б. Теоретичні основи технології очистки води (Теоретичні основи водопідготовки) : конспект лекцій (для студентів 3 курсу денної і заочної форм навчання за напрямками підготовки 6.060101 – Будівництво (фахове спрямування «Водопостачання та водовідведення») і 6.060103 – Гідротехніка (водні ресурси)) / К. Б. Сорокіна; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 128 с.

12. Вдовєнко С.В. Технологічні та екологічні проблеми у процесі каналізування стічних вод НПЗ / С.В. Вдовєнко, А.В. Вдовєнко, О.Б. Гринишин, В.В. Курліщук / Хімія, технологія речовин та їх застосування. – 2019.–Vol. 2.- № 1.– С. 59–61 .

13. Айрапетян Т. С. Конспект лекцій з дисципліни «Технологія очистки промислових стічних вод» для студентів 4 курсу денної та 5 курсу заочної форм навчання напряму підготовки 6.060103 – Гідротехніка (Водні ресурси), фахове спрямування «Раціональне використання і охорона водних ресурсів» / Т. С. Айрапетян ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 73 с.

14. Смирнов В. О. Флотаційні методи збагачення корисних копалин / В. О. Смирнов, В. С. Білецький. – Донецьк : Східний видавничий дім, 2010

15. Ткачов В. О. Конспект лекцій з дисципліни «Водопідготовка в системах ТГП і В » (для студентів 5 і 6 курсу всіх форм навчання спеціальностей 7.092108, 8.092108 (7.06010107, 8.06010107) «Теплогазопостачання й

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

ТС 19510005

Арк

Вип Арк № докум. Підп. Дата

47

вентиляція») / В. О. Ткачов, І. М Чуб; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; - Х. : ХНАМГ, 2012. - 50 с.

16. Смирнов В. О. Флотаційні методи збагачення корисних копалин / В. О. Смирнов, В. С. Білецький. – Донецьк : Східний видавничий дім, 2010. – 489 с.

17. Петрик М. П. Управління природоохоронною діяльністю : Підручник для студентів вищих навчальних закладів. – Луцьк : Видавництво «Волинська обласна друкарня», 2007. – 316 с.

18. Удосконалення технології очищення від нафтопродуктів, шляхом модифікації дисперсних сорбентів на основі бентонітових глин та черепашнику [Джерело: [https://nupp.edu.ua/uploads/files/0/events/other/2020/02/ii-tur-ekologia/roboti/106\\_%D0%9C%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D1%84%D1%96%D0%BA%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F\\_%D1%81%D0%BE%D1%80%D0%B1%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%96%D0%B2.docx](https://nupp.edu.ua/uploads/files/0/events/other/2020/02/ii-tur-ekologia/roboti/106_%D0%9C%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D1%84%D1%96%D0%BA%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F_%D1%81%D0%BE%D1%80%D0%B1%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%96%D0%B2.docx)] (Дата звернення: 17.05.2023).

19. SWOT-аналіз соціо-економіко-екологічного стану підприємств : конспект лекцій / укладач І. Ю. Аблеєва. – Суми : Сумський державний університет, 2020. 233 с.

20. Стратегія підприємства: підручник. / Саєнко М. Г. Тернопіль : Економічна думка. 2006.

21. НПАОП 73.1-1.06-77 «Основні правила безпечної праці в хімічних лабораторіях».

22. Крюковська О.А., Левчук К.О. Охорона праці в галузі (для хімічних спеціальностей) під редакцією к.т.н., доцента Толока А.О.: Навч. посібник. – 2011.

23. Охорона праці в нафтогазовій галузі : навч. посібник / за ред. професора МНТУ Г.М. Лисяного. - Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2015.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	
Інв.№дубл.	
Підп. і дата	
Інв.№лодл.	



Додаток А

Таблиця 1 – Матриця SWOT-аналізу механічного методу очистки стоків

Переваги	Недоліки
1. Низька вартість обладнання і обслуговування у процесі експлуатації у порівнянні з іншими методами 2. Простота обслуговування технічного процесу 3. Компактність і варіативність розмірів обладнання	1. Низька ефективність очистки при високому рівні забруднення стічних вод 2. Необхідність використання у комплексі з іншими методами очистки; 3. Однакова ефективність очистки при різній температурі та концентрації забруднень 4. Тривалий процес очистки
Загрози	Можливості
1. Інтенсифікація послідуєчих процесів очистки (фізико-хімічний, біологічний) за рахунок покращення якості стічних вод	1. Інтенсифікація послідуєчих процесів очистки (фізико-хімічний, біологічний) за рахунок покращення якості стічних вод

Додаток Б

Таблиця 1 – Матриця SWOT-аналізу фізико-хімічного методу очистки стоків

Переваги	Недоліки
1. Вища ефективність очистки у порівнянні з механічним методом 2. Швидкість перебігу процесу у порівнянні з механічним методом 3. Однакова ефективність очистки при різній температурі та концентрації забруднень	1. Висока вартість реагентів 2. Необхідність установки додаткового обладнання (змішувач, дозатор) 3. Ефективний виключно у комплексі з іншими методами очистки
Загрози	Можливості
1. Можливість інтенсифікації процесу очистки чи пошуку інших (дешевших) реагентів за рахунок постійних наукових досліджень у даному напрямку	1. Зупинка процесу очистки за рахунок виникнення проблем із поставкою реагентів

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№лодл.	

ТС 19510005

Арк

Вип Арк № докум. Підп. Дата

49

## Додаток В

Таблиця 1 – Матриця SWOT-аналізу біологічного методу очистки стоків

Переваги	Недоліки
<p>1. Простота та надійність конструкції обладнання</p> <p>2. Не високі фінансові затрати як при становленні обладнання, так і під час його експлуатації</p> <p>3. Можливість інтенсифікації процесу за рахунок зміни параметрів мікроклімату у аеротенку (швидкість подачі повітря, температури, тощо)</p>	<p>1. Необхідність підтримки певного діапазону умов перебігу процесу</p> <p>2. Необхідність додаткової доочистки від механічних забруднень по завершенню процесу</p> <p>3. Великі габарити обладнання у порівнянні з механічними та фізико-хімічними методами очистки</p>
Загрози	Можливості
<p>1. Постійні наукові дослідження у даному напрямку дозволяють модернізувати технологічний процес з підвищення ефективності очистки та усунення недоліків</p>	<p>1. Можливість перевищення проектної продуктивності по витраті стічних вод</p>

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і дата		
					ТС 19510005	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		50