

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Навчально-науковий інститут природокористування
Кафедра екології та технологій захисту навколишнього середовища

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеня магістр

студентки Каракай Оксани Юріївни
(ПІБ)

академічної групи 183М-19з-1 ПІ
(шифр)

спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища»
(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою – «Технології захисту навколишнього середовища»

на тему: Підвищення рівня екологічної безпеки стічних вод ВАТ «Інтерпайп НТЗ»

(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка	Підпис
роботи	Борисовська О.О.		
розділів:			
Теоретичного	Борисовська О.О.		
Дослідницького	Борисовська О.О.		
Технологічного	Борисовська О.О.		
Охорона праці	Столбченко О.В.		
Економічного	Павличенко А.В.		
Рецензент			
Нормоконтролер	Грунтова В.Ю.		

Дніпро
2020

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

ЗАТВЕРДЖЕНО:
 завідувач кафедри ЕТЗНС
 Павличенко А.В.
 «09» вересня 2020 року

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу ступеня магістра

студентці Каракай О.Ю. академічної групи 183М-19з-1 ІІІ

(прізвище та ініціали)

(шифр)

спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

за освітньо-професійною програмою – Технології захисту навколишнього
 (офіційна назва)

середовища

на тему «Підвищення рівня екологічної безпеки стічних вод ВАТ «Інтерпайп НТЗ», затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 30.11.2020 р. № 987-с.

Розділ	Зміст	Термін виконання
Теоретичний	Виконати порівняльний аналіз сучасних і перспективних методів очистки стічних вод металургійних підприємств від нафтопродуктів	09.09.2020 05.10.2020
Дослідницький	Дослідити можливості використання водоростей та ціанобактерій для очистки стічних вод від нафтопродуктів	06.10.2020 09.11.2020
Технологічний	Розробити пропозиції щодо удосконалення системи очистки стічних вод ВАТ «Інтерпайп НТЗ» шляхом використання <i>Fucus vesiculosus</i> у складі біоплато для очищення стічних вод від нафтопродуктів	10.11.2020 24.11.2020
Охорона праці	Проаналізувати шкідливі і небезпечні виробничі фактори на підприємстві та подати інженерно-технічні заходи боротьби з ними. Розглянути вимоги безпеки при експлуатації запропонованого обладнання	25.11.2020 02.12.2020
Економічний	Розрахувати капітальні і експлуатаційні витрати щодо наведеної методики очистки стічних вод від нафтопродуктів	03.12.2020 15.12.2020

Завдання видано _____ Борисовська О.О.
 (підпис керівника) (прізвище, ініціали)

Дата видачі 09.09.2020 р.

Дата подання до екзаменаційної комісії 21.12.2020 р.

Прийнято до виконання _____ Каракай О.Ю.
 (підпис) (прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 88 с., 15 рис., 13 табл., 29 літературних джерела, 5 додатків.

У вступі підкреслюється актуальність визначення негативного впливу нафтопродуктів у стічних водах металургійних підприємств.

Теоретичний розділ містить огляд літературних джерел та порівняльний аналіз сучасних і перспективних методів очистки стічних вод металургійних підприємств.

У другому (дослідницькому) розділі наведено дослідження можливості використання водоростей та ціанобактерій для очистки стічних вод від нафтопродуктів.

У технологічному розділі розроблено пропозиції щодо удосконалення системи очистки стічних вод ВАТ «Інтерпайп НТЗ» шляхом використання *Fucus vesiculosus* у складі біоплато для очищення стічних вод від нафтопродуктів.

У розділі «Охорона праці» проаналізовано шкідливі і небезпечні виробничі фактори на підприємстві та подані інженерно-технічні заходи боротьби з ними. Розглянуто вимоги безпеки при експлуатації запропонованого обладнання.

В «Економічному розділі» розраховано економічний ефект від впровадження запропонованого способу очистки від нафтопродуктів.

У висновках наведені основні результати кваліфікаційної роботи.

**МЕТАЛУРГІЙНЕ ВИРОБНИЦТВО, НЕБЕЗПЕКА НАФТОПРОДУКТІВ,
ОЧИСТКА СТІЧНИХ ВОД, ЗАБРУДНЕННЯ ГІДРОСФЕРИ, ЕКОЛОГІЧНА
БЕЗПЕКА, БІОЛОГІЧНЕ ОЧИЩЕННЯ.**

ЗМІСТ

Вступ	6
1 Огляд літератури з проблеми очистки стічних вод металургійних підприємств від нафтопродуктів	8
1.1 Вплив нафтових забруднень на навколишнє середовище	8
1.2 Традиційні методи очищення стічних вод металургійних підприємств від нафтопродуктів	10
1.3 Перспективні методи очищення стічних вод металургійних підприємств	24
2 Дослідження можливості використання водоростей та ціанобактерій для очистки стічних вод від нафтопродуктів	30
2.1 Досвід використання водоростей-макрофітів для очищення морських прибережних акваторій від нафтового забруднення	30
2.2 Ціано-бактеріальні консорціуми в очищенні стічних вод	35
2.3 Роль <i>Fucus vesiculosus</i> в очищенні прибережних акваторій від нафтового забруднення	42
2.4 Пристрій для біологічної очистки морських вод від техногенних забруднень	47
3 Удосконалення системи очистки стічних вод ВАТ «Інтерпайп НТЗ»	52
3.1 Коротка характеристика прокатних цехів № 3, 4, 5 ВАТ «Інтерпайп НТЗ»	53
3.2 Аналіз системи зворотного водопостачання ВАТ «Інтерпайп НТЗ»	58
3.3 Пропозиції щодо використання <i>Fucus vesiculosus</i> у складі біоплато для очищення стічних вод від нафтопродуктів	64
4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	72
4.1 Характеристика основних небезпечних виробничих факторів	72
4.2 Основні правила безпеки при очистці стічних вод в біоплато	73
4.3 Повітря робочої зони	75

4.4 Виробниче освітлення	76
4.5 Захист від шуму та вібрації	76
4.6 Вимоги охорони праці в аварійних ситуаціях	77
4.7 Пожежна безпека	77
4.8 Заходи з охорони праці	78
5 Економічний розділ	80
5.1 Розрахунок капітальних витрат	80
5.2 Розрахунок експлуатаційних витрат	80
5.3 Розрахунок економії екологічного податку	83
5.4 Розрахунок економічного ефекту	84
Висновки	85
Перелік посилань	86
Додаток А. Копія публікації	89
Додаток Б. Відгук керівника	91
Додаток В. Рецензія	92
Додаток Г. Довідка про результати перевірки тексту кваліфікаційної роботи магістра на присутність запозичень (плагіату)	93
Додаток Д. Відгуки керівників розділів дипломної роботи	94

ВСТУП

Актуальність теми. Забруднення навколишнього середовища нафтопродуктами – найгостріша екологічна проблема в наш час.

Нафта і нафтопродукти є одними з найнебезпечніших забруднювачів природних вод, які навіть при незначних концентраціях здатні чинити незворотний шкідливий вплив на живі організми та стан екосистем.

Стічні води в прокатному виробництві утворюються в результаті охолодження валків і підшипників, а також при змиві і транспортуванні окалини. Кількість стічних вод на 1 м² прокату становить від 2 до 10 м³ [1].

В цехах холодного прокату утворюється багато масловмісних стічних вод. У них масла, під якими маються на увазі практично нерозчинні в воді рідкі вуглеводні сирі нафти, смоли, рослинних і мінеральних масел, легких і важких топлив, знаходяться в плівковому, капельному, колоїдному, емульгованому та розчиненому стані.

Ступінь очистки залежить від того, чи будуть очищені води повторно використовуватись у виробництві, подаватись на загальноміські очисні споруди або скидатись у водоймище [2].

Очищення нафтовмісних вод, а також попередня обробка стічних вод окремих технологічних установок і виробництв до об'єднання їх в загальній каналізаційній системі проводиться на локальних установках. Стічні нафтовмісні води містять механічні домішки, нафту та її продукти, залишки хімічних реагентів, що застосовуються в технологічному процесі.

Очищення стічних вод від нафти і нафтопродуктів здійснюється за допомогою механічних (відстоювання, фільтрування) та фізико-хімічних (коагуляція, сорбція, флотація) методів. Виділені у процесі очистки масловмісні відходи знищують, рідше – утилізують.

Традиційні способи очищення стічних вод в сучасних умовах виявляються не завжди ефективними. Тому зараз ведуться пошуки нових,

нетрадиційних методів. Такими є, наприклад, очищення за допомогою пальмового листа, старих компакт-дисків, гідро-хвильовий метод та інші.

Мета та завдання кваліфікаційної роботи. Метою роботи є підвищення рівня екологічної безпеки стічних вод металургійних підприємств шляхом використання водоростей для очистки стоків від нафтопродуктів.

Для досягнення зазначеної мети були поставлені такі задачі:

1. Виконати порівняльний аналіз сучасних і перспективних методів очистки стічних вод металургійних підприємств від нафтопродуктів.
2. Дослідити можливості використання водоростей та ціанобактерій для очистки стічних вод від нафтопродуктів.
3. Розробити пропозиції щодо удосконалення системи очистки стічних вод ВАТ «Інтерпайп НТЗ» шляхом використання *Fucus vesiculosus* у складі біоплато для очищення стічних вод від нафтопродуктів.
4. Проаналізувати шкідливі і небезпечні виробничі фактори на підприємстві та подати інженерно-технічні заходи боротьби з ними. Розглянути вимоги безпеки при експлуатації запропонованого обладнання.
5. Розрахувати капітальні і експлуатаційні витрати щодо наведеної методики очистки стічних вод від нафтопродуктів.

Апробація результатів кваліфікаційної роботи.

Апробація роботи проводилась на 10 секції VIII Всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених. За результатами розробки надруковано тези доповіді:

Порівняльний аналіз методів очищення води від нафтопродуктів / Каракай О.Ю, Борисовська О.О. // «Молодь: наука та інновації»: матеріали VIII Всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів і молодих учених (27.11.2020р.) – НТУ «ДП», 2020 –С. 12-13.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ З ПРОБЛЕМИ ОЧИСТКИ СТИЧНИХ ВОД МЕТАЛУРГІЙНИХ ПІДПРИЄМСТВ ВІД НАФТОПРОДУКТІВ

1.1 Вплив нафтових забруднень на навколишнє середовище

Забруднення довкілля нафтою та нафтопродуктами призводить до порушення екологічної рівноваги та природного балансу екосистем, зміни еколого-трофічних груп біоценозів, токсичного впливу на всі живі організми, у тому числі негативного ефекту зазнає і людина.

Нафтове забруднення відноситься до числа найбільших та найнебезпечніших за своїми наслідками антропогенного впливу на природні екосистеми. У води рік, озер і Світового океану щорічно за різними причинами потрапляє від 2 до 10 млн.т нафти.

Основні шляхи потрапляння нафти та нафтопродуктів у поверхневі води:

- скиди в портах та припортових акваторіях, включаючи також втрати у процесі заповнення бункерів суден;
- скиди промислових відходів та стічних вод;
- дощові стоки;
- катастрофи суден та бурових установок в морі;
- атмосферні опади;
- виніс з річним стоком.

Токсична дія нафти і нафтопродуктів на зоопланктон відмічається при концентрації 0,001 мл/дм³. При концентрації нафтопродуктів на рівні 0,1 мг/дм³ зоопланктон гине. Для водних організмів нафта і нафтопродукти є високотоксичними речовинами і відносяться до групи нервово-паралітичних отрут.

При проникненні нафти в гумусовий горизонт відбувається склеювання ґрунтової маси. У результаті закупорювання капілярів ґрунту нафтою порушується аерація та окислювально-відновлювальний потенціал,

створюються анаеробні умови. Як наслідок, ґрунт втрачає свою родючість, стає гідрофобним, підвищується ерозія, вивітрювання тощо.

Нафта і нафтопродукти впливають на водну фауну у декількох напрямках:

1. поверхнева плівка нафти затримує дифузію газів з атмосфери у воду і порушує газовий обмін водоймища, створюючи дефіцит кисню;
2. маслянисті речовини, покриваючи поверхню зябер тонкою плівкою, порушують газообмін і приводять до асфіксії риб;
3. водорозчинні з'єднання легко проникають в організм риб;
4. донні відкладення нафти підривають кормову базу водоймищ і поглинають кисень з води.

Розлита у водоймі нафта проходить такі процеси: випаровування, емульгування, розчинення, окиснення, утворення нафтових агрегатів, седиментація та біодеградація [3].

Нафта, що надійшла у воду утворює на поверхні водойми шар плівки. Нафтова плівка змінює інтенсивність та спектральний склад світла, що проникає у воду. Плівка товщиною 30-40 мкм повністю поглинає інфрачервоне випромінювання. Леткі вуглеводні випаровуються, а у водний розчин переходять жирні, карбонові та нафтеніві кислоти, а також феноли, крезолі. Розчинність вуглеводнів зменшується із збільшенням числа атомів Карбону в молекулі. Через декілька діб після надходження нафтопродуктів у воду в результаті хімічного та біохімічного розкладу утворюються інші нерозчинні сполуки – окиснені вуглеводні, токсичність яких значно вища, ніж неокиснених вуглеводнів.

Змішуючись з водою, нафта утворює емульсії двох типів: прямі "нафта у воді" та зворотні "вода у нафті". Прямі емульсії нестійкі, характерні для нафти, яка містить поверхнево-активні речовини. Після видалення летких та розчинних фракцій залишкова нафта утворює в'язкі зворотні емульсії, які стабілізуються високомолекулярними сполуками і містять 50-80 % води. Під впливом абіотичних процесів в'язкість емульсії збільшується, починається її злипання в агрегати – нафтові кульки, розмірами від 1мм до 10 см (найчастіше

1-20 мм). Агрегати – це суміш високомолекулярних вуглеводнів, смоли та асфальтенів. Нафтові кульки можуть довгий час зберігатися на поверхні моря, переноситися течіями, виноситись на берег та осідати на дно. Нафтові кульки нерідко заселяються перифітоном (синьо-зелені водорості, рачки та інші безхребетні). Нафта може також затримуватись на кам'янистих поверхнях або між водоростями, морськими жолудями. В такому випадку, крім розкладу під дією біологічних факторів, вона повільно усувається в процесі висихання, затвердіння, насичення піщаними частинками та розтріскування [4,5].

Частину нафти і продуктів її розкладу, що містяться у воді, сорбують донні відкладення, причому найбільшою сорбційною здатністю володіють глинисті мули. Здатністю розкласти деякі компоненти нафти володіють близько 90 видів морських бактерій та грибів, а також деякі водорості. Бактерії не можуть "працювати" із свіжорозливою нафтою, оскільки вона є отруйною для мікроорганізмів [4]. Розклад нафти мікробами починається через певний час, коли нафта пройде певну стадію деградації.

Вуглеводні з великим числом атомів вуглецю, особливо циклічні алкани та ароматичні сполуки, майже не вивітрюються, не розчиняються у воді і зазвичай не піддаються біологічному розкладу. Це сприяє збереженню таких сполук у водному середовищі на протязі тривалого часу, а також їх нагромадженню у водоймі.

1.2 Традиційні методи очищення стічних вод металургійних підприємств від нафтопродуктів

Методи очистки стічних вод, як правило за ступенем впливу на воду, поділяють на хімічні, фізико-хімічні, механічні, термічні, електрохімічні та біохімічні. Першою стадією очистки завжди є механічна очистка. Інші методи використовують в залежності від вимог до очищеної води і характеру забруднюючих речовин.

Завдяки понаднормованим скидам забруднюючих речовин заводом ВАТ «Інтерпайп НТЗ» у р. Дніпро, виникла необхідність запровадження превентивних заходів, які забезпечать необхідний ступень очистки стічних вод.

При виборі методів очищення стічних вод і устаткування необхідно враховувати склад стічних вод. Присутні в них забруднення можуть знаходитися в різних агрегатних станах і мати різну дисперсність.

Промислові стічні води містять розчинені та нерозчинні (завислі) речовини. Завислі домішки (тверді та рідкі) утворюють з водою дисперсні системи, які поділяють на грубодисперсні системи з розмірами часток $>0,1$ мм (суспензії та емульсії), тонкодисперсні системи з розмірами часток $0,1-0,00001$ мм і колоїдні розчини (розмір частинок $<10-5$ мм аж до істинних розчинів) [6].

Для очищення стічних вод застосовуються наступні методи:

1. Механічні: відстоювання, видалення домішок, що спливають, фільтрація, видалення зважених часток під дією відцентрованих сил;
2. Фізико-хімічні: коагуляція, флокуляція, флотація, адсорбція, іонний обмін;
3. Біологічні: біофільтри, біологічні ставки, аеротенки.

Застосування методів очищення стічних вод прокатного підприємства від нафтопродуктів, зважених речовин і заліза загального визначається, враховуючи не тільки характер забруднення і ступінь шкідливості домішок, а також дисперсний склад речовин.

Механічні методи – очистка стічної води від зважених речовин. Завданням механічної очистки є видалення із стічних вод нерозчинних органічних і неорганічних домішок, які видаляють шляхом проціджування, відстоювання, фільтрування та центрифугування. Механічну очистку застосовують в тих випадках, коли після неї вода може бути знову використана у виробничому процесі або за своїми показниками придатна для скидання у природні водойми. Механічна очистка також використовується з метою підготовки води до більш глибокої очистки води іншими методами. Механічне

очищення стічних вод від зважених речовин – це метод, який доцільно використовувати у прокатному виробництві. Одним із цих методів являється відстоювання – найпростіший і часто застосовний спосіб виділення зі стічних вод грубодисперсних домішок, які під дією гравітаційної сили осідають на дні відстійника.

Відстоювання стічних вод здійснюється в прямокутних або круглих резервуарах, де стічна вода знаходиться в стані спокою, який необхідний для осадження зважених часток. Такі резервуари називаються відстійниками.

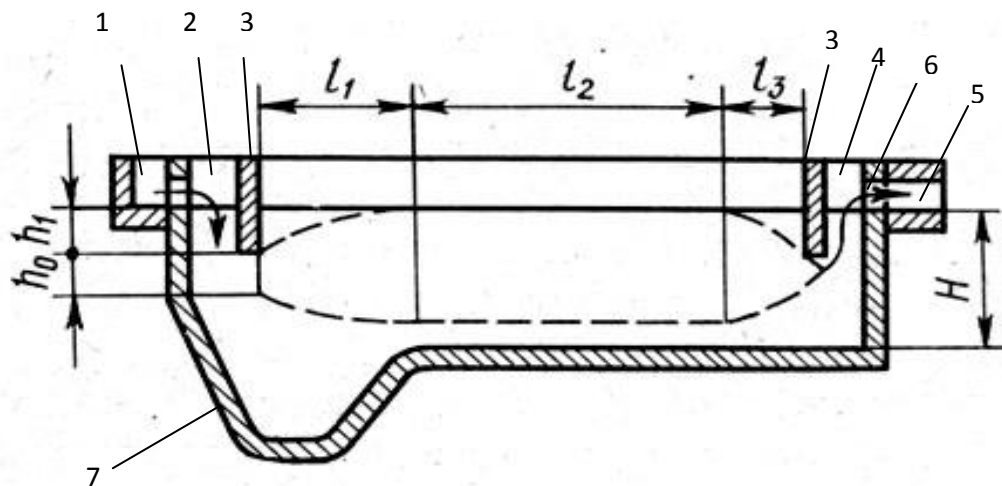
Видаленню зі стічної рідини підлягають як тонучі речовини (окалина), так і плаваючі (нафтопродукти). Відстійники будують проточними: стічна рідина рухається у них з незначною швидкістю в діапазоні 0,5-7 мм/с. Тривалість відстоювання приймають в межах 1-3 години. Ефективність очищення води від зважених речовин становить 50-60 %.

Відстійники поділяють по призначенню на первинні і вторинні. Первинні проектується для очистки від механічних нерозчинних домішок, наприклад ями для окалини або окалиноприймачі. Вторинні відстійники застосовуються після механічних, фізико-хімічних та інших методів обробки стічних вод, наприклад: горизонтальні відстійники з вбудованими тонкошаровими блоками або камерою хлоп'єутворення. В залежності від напрямку руху води у відстійниках, вони поділяються на горизонтальні, вертикальні, радіальні. Горизонтальні відстійники застосовуються, якщо витрати стічних вод перевищують 20 м³/добу. Вертикальні відстійники застосовуються, якщо витрати води не перевищують 15 тис.м³/добу. Радіальні відстійники застосовуються в умовах високих витрат води (> 20 тис.м³/добу).

Горизонтальні відстійники (рис. 1.1) являють собою прямокутні в плані резервуари висотою 1,5-4 м, шириною 3-6 м і довжиною 8-12 м. Стічна рідина підводиться в передню частину, протікає вздовж відстійника до протилежного кінця, і освітлена рідина зливається у відвідний канал. Осад, який випадає на дні, видаляється грейферним краном.

Вертикальний відстійник – круглий або прямокутний в плані резервуар з конусним днищем, для зручності збору і відкачування осідаючого осаду. Висота зони осадження становить 4-5 м. Стічна рідина поступає через спеціальну центральну трубу в нижню частину відстійника, потім повільно піднімається до верху переливного борту. Осад випадає на дно відстійника.

Радіальний відстійник являє собою круглий в плані резервуар глибиною 4 м. Радіальні відстійники будують діаметром не менш 16 м і не більше 60 м. Стічна рідина поступає в центральну трубу, а вже з неї рухається в радіальному напрямі до збірного жолоба. Відношення діаметра відстійника до глибини його циліндричної частини має межу від 6 до 10. Ефективність очищення води від зважених речовин становить 50-60 % [7].



1 – лоток для підвода води; 2 – розподільний лоток; 3 – напівзанурені перебірки; 4 – збірний лоток; 5 – відвідний лоток; 6 – лоток для відведення плаваючих речовин; 7 – трубопровід для відведення осаду

Рисунок 1.1 – Горизонтальний відстійник

Фільтрація – механічний метод очистки, який набуває все більшого значення у прокатному виробництві, у зв'язку з підвищенням вимог до якості очищеної води. Процес заснований на злипанні грубодисперсних часток з поверхнею фільтруючого матеріалу.

Фільтри по вигляду фільтруючого середовища розподіляються на тканинні або сітчасті, каркасні або наливні, зернисті або мембранні.

Фільтрування через різні сітки і тканини зазвичай застосовують для видалення грубодисперсних частинок. Глибоке очищення води, що містить нафту, можна здійснювати на каркасних фільтрах. Плівкові фільтри очищають воду на молекулярному рівні. Мікрофільтри є фільтрувальними апаратами, як фільтруючий елемент використовують металеві сітки, тканини і полімерні матеріали. У промисловості застосовують мікрофільтри різних конструкцій. Мікрофільтри зазвичай випускають у вигляді барабанів, що обертаються, на яких нерухомо закріплені або притиснуті до барабана фільтруючі матеріали.

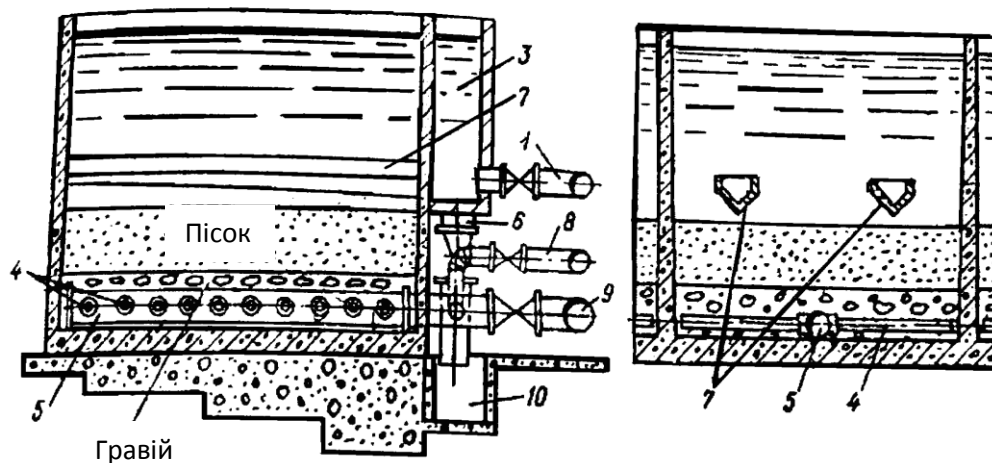
Барабани випускають діаметром 1,5×3 м і встановлюють горизонтально. Вода, що очищається, надходить в середину барабана і фільтрується через фільтр назовні. Процес фільтрації відбувається тільки за рахунок різниці рівнів води всередині і зовні барабана. Полотно сітки не закріплено, а лише охоплює барабан у вигляді нескінченної стрічки, яка натягнена за допомогою натяжних роликів. Мікросітки виготовляють з різних матеріалів: капрону, латуні, нікелю, нержавіючої сталі, фосфорної бронзи, нейлону та ін.

Фільтрувальні процеси на каркасних фільтрах можна поділити на три великі групи: фільтрування через пористі зернисті матеріали (кварцовий пісок, керамзит, антрацит, та ін.); фільтрування через волоконні і еластичні матеріали, що мають сорбційні властивості і високу ємність; фільтрування через пористі зернисті і волоконні матеріали для укрупнення часток.

Розподіляються фільтри по швидкості руху води в них на фільтри з постійною і змінною швидкістю. При змінній швидкості фільтрування (постійної різниці тиску до і після фільтру) у міру збільшення об'єму фільтрату, тобто тривалості фільтрування, швидкість фільтрування зменшується. При постійній швидкості фільтрування різниця тиску до і після фільтру збільшується. При фільтруванні стічних вод через зернисті матеріали протікають наступні процеси: відкладення зважених речовин у вигляді тонкого шару на поверхні фільтруючого шару (плівкове фільтрування): відкладення зважених речовин в порах фільтруючого шару; відкладення зважених речовин на поверхні фільтруючого шару і в його порах. Під дією сил тяжіння зважені

речовини закріплюються на зернистому матеріалі. Явище злипання і відриву часток визначає хід процесу освітлювання води.

У прокатному виробництві зазвичай застосовують фільтри із зернистим завантаженням, які по швидкості фільтрування діляться на повільні, швидкі (рис. 1.2). Зернисте завантаження розміщують в певному порядку і щоб уникнути винесення його з фільтру застосовують спеціальні дренажні системи і підтримуючі шари.



1 – трубопровід для подачі води; 2 – трубопровід скиду першого фільтру; 3 – карман; 4 – відвітлення дренажу; 5 – колектор дренажу; 6 – трубопровід для скиду промивних вод з карману фільтру у промивні жолоби; 8 – трубопровід для відведення води; 9 – трубопровід промивної води; 10 – канал для скиду промивних вод у промканалізацію

Рисунок 1.2 – Швидкий фільтр із зернистою загрузкою

Швидкість фільтрації і якість очищення залежать від характеру завантаження. Використання крупного фільтруючого матеріалу приводить до збільшення пропускної спроможності фільтру і зниження якості фільтрату. Дрібний фільтруючий матеріал покращує якість фільтрату, але знижує швидкість руху води у фільтрі і тривалість роботи фільтру.

До конструкцій зернистих фільтрів пред'являються наступні вимоги: фільтрація повинна йти у напрямі спаду крупного завантаження з метою

запобігання утворенню малопроникних при промивці плівок осаду на поверхні завантаження; необхідна інтенсивна промивка завантаження, що забезпечує максимальне видалення забруднюючих речовин із завантаження; фільтруючий матеріал повинен мати високу міцність і хімічну стійкість.

Застосовують одно-, дво- і багат шарові відкриті фільтри. Відкритий фільтр є звичайно прямокутним за планом резервуаром, завантаженим фільтруючим шаром зернистого матеріалу і підтримуючими шарами, під якими розміщена дренажна система, призначена для відведення фільтрованої води і рівномірного розподілу промивальної води. У верхній частині фільтру укріплені жолоби для подачі чистої і відведення брудної води. Висота шару води над завантаженням фільтру звичайно складає 2 м. У нижній частині фільтру (при напрямі фільтрації зверху вниз) розташовані труби для відведення очищеної води.

Регенерацію завантаження здійснюють гарячою водою з інтенсивністю 6-8 л/(м²·с). Промивну воду випускають на очисні споруди. Терміни промивки визначаються якістю фільтрату. Якщо неможливо промити завантаження фільтру, його необхідно замінити новим. Старе завантаження регенерують, промивають і після чого його знову можна застосовувати.

Недоліки методу механічного очищення – низька ефективність очищення від жирових речовин, що знаходяться в розчиненому і колоїдному стані, метод неефективний при очищенні стічних вод від СПАР, нафтопродуктів і білків, що знаходяться в емульгованому стані; тривалість відстоювання.

Механічне очищення стічних вод від нафтопродуктів – це метод, який найбільш розповсюджений у прокатному виробництві та здійснюється за допомогою спеціальних відстійників, які мають різноманітні назви (в залежності від вигляду нафтопродуктів, що уловлюються): маслоуловлювач; нафтоуловлювач. В свою чергу такі відстійники можуть поділятися на: трубчасті тонкошарові відстійники; пластинчасті тонкошарові відстійники.

За динамікою відстійники поділяються на статичні і динамічні. Особливість динамічних відстійників полягає у відділенні домішок, що

знаходяться у воді, при русі рідини. У динамічних відстійниках або відстійниках безперервної дії рідина рухається в горизонтальному або вертикальному напрямі (звідси відстійники підрозділяються на вертикальні і горизонтальні). У якості статичних відстійників звичайно використовують стандартні сталеві або залізобетонні резервуари, які можуть працювати в режимі резервуару-накопичувача, резервуару-відстійника залежно від технологічної схеми очищення стічних вод.

Для більш рівномірної подачі забруднених вод на очисні споруди використовують буферні резервуари, які обладнані водорозподільними і нафтозбірними пристроями, трубами для подачі і випуску стічної води і нафти, рівнеміром, дихальною апаратурою.

Оскільки нафта у воді знаходиться в трьох станах (легко-, важковіддільна і розчинена), потрапивши в буферний резервуар важковіддільна нафта спливає на поверхню води. У цих резервуарах відділяють до 90-95 % нафти. Для цього в схему очисних споруд встановлюють два і більше буферних резервуари, які працюють періодично: заповнення, відстій, викачування. Таким чином, буферні резервуари (резервуари – відстійники) не тільки згладжують нерівномірність подачі стічних вод на очисні споруди, але і значно знижують концентрацію нафти у воді. Переваги цього виду резервуарів – герметичність і можливість будівництва індустріальним методом, що приводить до різкого скорочення часу будівництва.

Відстоювання води у вертикальних резервуарах може протікати в динамічному і непроточному режимах. При динамічному режимі наповнення і спорожнення резервуару відбуваються одночасно. При статичному (непроточному) режимі резервуари працюють по трьох циклах: наповнення, відстоювання, спорожнення. Тому для відстоювання води число резервуарів повинне бути більше двох, а розміри їх декілька більше, ніж габарити резервуарів при динамічному режимі. Перед відкачуванням води, що відстоялася, з резервуару спочатку відводять нафту, що спливла, і осад, після чого відкачують освітлену воду. Для видалення осаду на дні резервуару

влаштувають дренаж з перфорованих труб. Такі відстійники забезпечують очищення стічних вод від нафтопродуктів на 50-60 %.

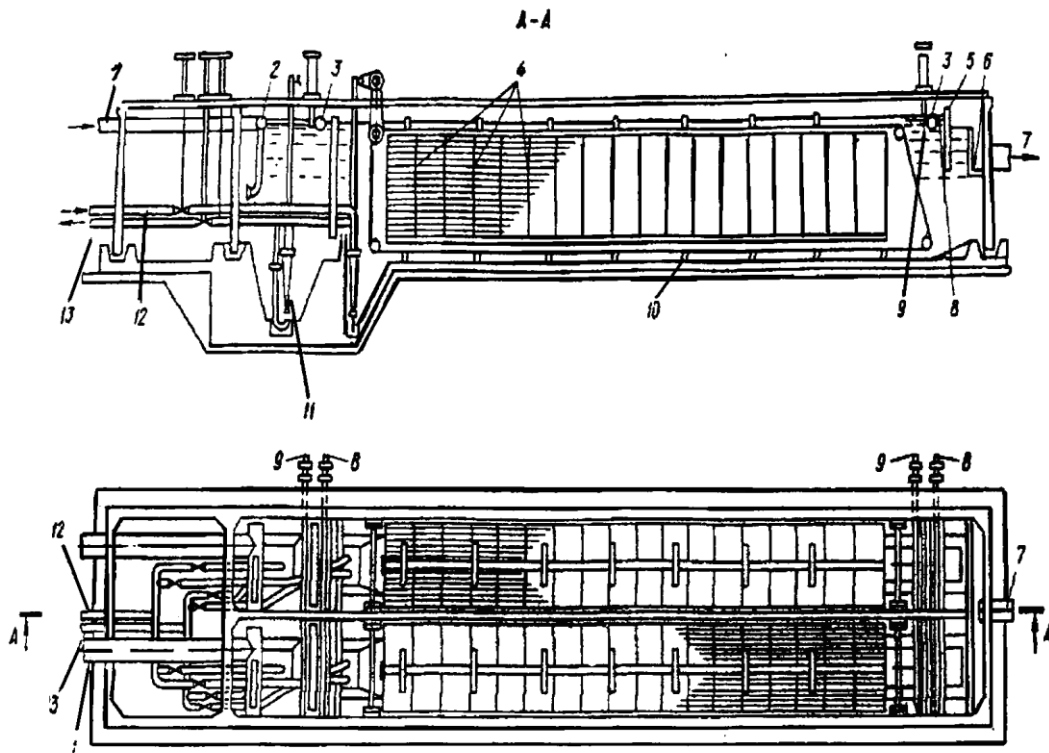
Чим більша висота відстійника, тим більше необхідно часу для спливання частинки на поверхні води. Це пов'язано зі збільшенням довжини відстійника. Тому, інтенсифікувати процес відстоювання у відстійниках звичних конструкцій складно. Зі збільшенням розмірів відстійників гідродинамічні характеристики відстоювання погіршуються. Чим тонший шар рідини, тим процес спливання (осідання) відбувається швидше за інших різних умов. Це положення привело до створення тонкошарових відстійників, які здатні збільшувати ефективність очистки води від нафтопродуктів до 80-85 %. Тонкошарові відстійники по конструкції можна розділити на трубчасті і пластинчасті.

Робочий елемент трубчастого відстійника – труба діаметром 2,5-5 см і завдовжки близько 1 м. Довжина залежить від характеристики забруднення і гідродинамічних параметрів потоку. Застосовують трубчасті відстійники з малим (10°) і великим (до 60°) нахилом труб. Відстійники з малим нахилом труби працюють за періодичним циклом: освітлення води і промивка трубок. Ці відстійники доцільно застосовувати для освітлення стічних вод з невеликою кількістю механічних домішок. У круто похилих трубчастих відстійниках розташування трубок приводить до сповзання осаду вниз по трубках, і у зв'язку з цим відпадає необхідність їх промивки.

Тривалість роботи відстійників практично не залежить від діаметру трубок, але зростає зі збільшенням їх довжини. Стандартні трубчасті блоки виготовляють з полівінілового полістиролу. Зазвичай застосовують блоки завдовжки близько 3 м, шириною 0,75 м і заввишки 0,5 м. Конструкції цих блоків дозволяють зробити з них секції на будь-яку продуктивність; секції або окремі блоки легко можна встановлювати у вертикальних або горизонтальних відстійниках.

Пластинчасті відстійники складаються з ряду паралельно встановлених пластин, між якими рухається рідина (рис. 1.3). Залежно від напрямку руху води

і випавшого осаду відстійники діляться на прямиоточні, в яких напрями руху води і осаду співпадають; протиточні, в яких вода і осад рухаються назустріч один одному; перехресні, в яких вода рухається перпендикулярно до напрямку руху осаду. Найширше поширення набули пластинчасті протиточні відстійники.



1 – трубопровід для подачі стічної води; 2 – водорозподільна труба; 3 – нафтозбірні труби; 4 – пластинчасті блоки; 5 – переборка; 6 – збірний лоток; 7 – трубопровід для відведення освітленої води; 8 – трубопровід для відведення теплоносія; 9 – трубопровід для подачі теплоносія; 10 – скребковий транспортер; 11 – гідроелеватор; 12 – трубопровід для подачі води до гідроелеватору; 13 – трубопровід для відведення осаду

Рисунок 1.3 – Нафтоуловлювач з паралельними пластинами для тонкошарового відстоювання

Ефективність освітлення води в пластинчастих відстійниках підвищується зі зменшенням їх висоти. Перевагами трубчастих і пластинчастих відстійників є їх економічність внаслідок невеликого будівельного об'єму, можливість застосування пластмас, які легші за метал і не пошкоджуються в

агресивних середовищах. Загальний недолік тонкошарових відстійників – необхідність створення місткості для попереднього відділення легко віддільних нафтових частинок і великих згустків нафти, окалини, піску та ін. Згустки мають нульову плавучість, їх діаметр може досягати 10-15 см при глибині в декілька сантиметрів. Такі згустки дуже швидко виводять з ладу тонкошарові відстійники. Якщо частина пластин або труб буде забита подібними згустками, то в інших підвищиться витрата рідини. Таке положення приведе до погіршення роботи відстійника.

Фізико-хімічні методи. Найчастіше у прокатному виробництві використовують флотацію, яка забезпечує ступінь очищення стічних вод від нафтопродуктів на 90-95 %. Цей метод також забезпечує високу ефективність очищення стічних вод від нерозчинних домішок, гідроокисів важких металів і зважених речовин на 85-95 %.

Флотація – це складний процес, що полягає у створенні комплексу частинка-бульбашка повітря або газу, спливанні цього комплексу і видаленні пінного шару, що утворився. Залежно від отримання бульбашок у воді існують наступні способи флотаційного очищення: флотація бульбашками, що утворюються шляхом механічного дрібнення повітря (механічними турбінами-імпелерами, форсунками, за допомогою пористих пластин і каскадними методами); флотація бульбашками, що утворюються з перенасичених розчинів повітря у воді (вакуумна, напірна); електрофлотація. Процес утворення комплексу бульбашка-частинка відбувається у три стадії: зближення бульбашки повітря і частинки в рідкій фазі, контакт бульбашки з частинкою і прилипання до частинки. Міцність з'єднання залежить від розмірів бульбашки і частинки, фізико-хімічних властивостей бульбашки, частинки і рідини, гідродинамічних умов та інших чинників [8].

Флотація з подачею повітря через пористі матеріали застосовується для отримання бульбашок повітря невеликих розмірів. Для цього використовують пористі матеріали, які повинні мати достатню відстань між отворами, щоб не допустити злипання бульбашок повітря над поверхнею матеріалу. Перевага

такої флотації полягає в простоті конструкції установки і зменшенні витрат електроенергії. Недоліки цього методу – засмічення пор, руйнування пористого матеріалу (кераміки), а також труднощі, пов'язані з підбором дрібнопористих матеріалів, що забезпечують постійність в часі певного розміру бульбашок повітря.

В залежності від кількості стічної рідини застосовують вертикальні і горизонтальні флотатори. Для очищення великих кількостей стічних вод застосовують горизонтальні флотатори. Повітря у флотаційну камеру потрапляє через дрібнопористі фільтри, укладені на дні. Стічна вода подається у верхню частину флотаційної камери, а відводиться з нижньої через регулятор рівня. В цьому випадку бульбашки повітря рухаються вгору разом з потоком води. Час перебування води у флотаторі визначається за умов максимального відділення забруднень із стічної води і можливості спливання піни на її поверхні. Габарити флотаторів залежать від їх продуктивності, розміру повітряних отворів, тиску повітря, рівня води та ін.

Електрофлотація – це процес, де стічна рідина, при пропусканні через неї постійного електричного струму, насичується бульбашками водню, що утворюється на катоді. Електричний струм, що проходить через стічну воду, змінює хімічний склад рідини, властивості і стан нерозчинних домішок. В одних випадках ці зміни позитивно впливають на процес очищення стоків, в інших – ними треба керувати, щоб одержати максимальний ефект очищення [8].

При проходженні води через міжелектродний простір протікають такі процеси, як електроліз, поляризація частинок, електрофорез, окислювально-відновні реакції, а також реакції між окремими продуктами електролізу. Інтенсивність процесів, що відбуваються, залежить від хімічного складу стічної води, матеріалу електродів, які можуть бути розчинними і нерозчинними, і від параметрів електричного струму (напруга і густина).

Одночасне утворення пластівців коагуляції і бульбашок газу в обмежених умовах міжелектродного простору створює передумови для надійного

закріплення газових бульбашок на пластівцях, інтенсивної коагуляції забруднень, енергійного протікання процесів сорбції, адгезії і, як наслідок, підвищення ефективності флотації.

Коагуляція забруднень в міжелектродному просторі може відбуватися не тільки за рахунок розчинення анода, але і в результаті електрофізичних явищ, розряду заряджених частинок на електродах, утворення в розчині речовин (хлору і кисню), що руйнують сольватні оболонки на поверхні частинок. Ці процеси особливо виявляються у разі застосування нерозчинних електродів.

Матеріал і геометричні параметри електродів впливають на розмір бульбашок газу. Заміна пластинчастих електродів на дротяну сітку призводить до зменшення розмірів бульбашок і, отже, до підвищення ефективності очищення води.

Біологічне очищення. Біологічне очищення стічних вод застосовується для видалення розчинених органічних забруднень, які є дуже різноманітними. В цьому методі використовують процес метаболізму бактерій активного мулу [9].

Біоценоз активного мулу формується гетеротрофними мікроорганізмами, особливістю яких є здатність засвоювати вуглець із органічних сполук. Активний мул – це екосистема, яка включає складний комплекс мікроорганізмів та водоростей, який залежить від складу стічних вод, технологічного режиму та умов експлуатації очисних споруд.

Для біологічного очищення забруднених вод використовують аеротенки, біофільтри та біологічні ставки.

У біофільтрах стічні води пропускаються через шар крупнозернистого матеріалу, покритого тонкою бактеріальною плівкою. Завдяки цій плівці інтенсивно протікають процеси біологічного окислення. Саме вона служить діючим початком в біофільтрах.



Рисунок 1.4 – Схема біофільтра

Біологічні ставки – це штучно створені водойми для біологічного очищення стічних вод. Принцип роботи заснований на процесах, які відбуваються при самоочищенні водойм. При відсутності добре фільтруючих ґрунтів для влаштування полів фільтрації або полів зрошування ставки можуть бути використані як самостійні споруди для очищення стічних вод, а також для їх доочищення в поєднанні з іншими очисними спорудами. Ставки роблять невеликої глибини – від 0,5 до 1 м. Це дозволяє створити значну поверхню зіткнення води з повітрям і забезпечити прогрів всій товщі води та її добре перемішування. Таким чином, створюються сприятливі умови для масового розвитку водних організмів, зокрема планктонних водоростей, які асимілюють біогенні елементи та у результаті процесу синтезу збагачують воду киснем, необхідним при окисненні органічних речовин. Біологічні ставки забезпечують більш високий ефект бактеріального самоочищення, ніж споруди штучної біологічної очистки. У біологічних ставках в очищенні стічних вод беруть участь всі організми, що населяють водойму.

Для повного очищення забруднених нафтопродуктами стічних вод необхідна комплексна система очищення, яка поєднує в собі різні методи очищення: механічні – фізико-хімічні – біологічні. Найбільш виправданою з точки зору економії засобів та раціонального використання водних ресурсів є система заходів, яка забезпечить систему зворотного водозабезпечення, за якої об'єм води проходить багатоступеневе очищення і багатократно циркулює на промислових підприємствах.

Аеротенк – резервуар, у якому повільно рухається суміш активного мулу і стічних вод. Для забезпечення нормального перебігу процесу біологічного окислення в аеротенк повинен безперервно надходити кисень.

В аеротенках розчинені органічні речовини, а також тонкодисперговані й колоїдні речовини, що не випадають в осад, переходять в активний мул, спричиняючи приріст вихідної біомаси. Слід зазначити, що в процесі окислювання органічних речовин розмножуються аеробні мікроорганізми, і біомаса активного мулу збільшується, тому частину активного мулу повертають в аеротенк (циркуляційний активний мул), а частину (надлишковий активний мул) направляють на зневоднення.

Аеротенки застосовують для повного й неповного біологічного очищення стічних вод. Стічні води надходять в аеротенки, як правило, після споруд механічного очищення [10].

1.3. Перспективні методи очищення стічних вод металургійних підприємств

Підвищення вимог екологічності та економічної ефективності веде до того, що традиційні способи очищення стічних вод в сучасних умовах виявляються не завжди ефективними. У зв'язку з цим вченими з різних країн світу ведуться пошуки нових, нетрадиційних рішень.

Метод очищення за допомогою пальмового листа. Унікальний спосіб, який може використовувати для очищення стічних вод від всіляких хімічних

відходів, розроблений вченими з оманського Університету Султан-Кабус (англ. Sultan Qaboos University, SQU). Раніше для очищення питної води застосовувалася технологія з використанням активованого вугілля. Нова технологія дозволяє замінити активоване вугілля на дегідратований, що отримується в результаті обробки пальмового листа сірчаною кислотою при температурі 170 °С.

Процес такої обробки набагато більш економічний і екологічно безпечний, ніж виготовлення активованого вугілля. До того ж такий продукт можна використовувати кілька разів. За словами науковців, отримане з листя фінікової пальми дегідратоване вугілля відмінно справляється із видаленням з води часток ліків і барвників, і краще, ніж активоване вугілля, видаляє важкі метали [11].

Гідро-хвильовий метод. Гідро-хвильовий метод – це нова технологія очищення та знесолення води. Фізичні процеси, в основі яких лежить створення у водному середовищі особливих гідродинамічних режимів за рахунок гідродинамічних ефектів (кавітація) при впливі на воду джерелами механічних коливань в поєднанні з впливом електромагнітних полів, створюють в розчині, що очищується, умови, які сприяють випаровуванню води у багато разів більше, ніж в інших відомих випадках. Причому процес випаровування йде при температурі набагато нижче 100 °С (наприклад, при 30 °С), за рахунок чого економиться значна кількість енергії. Додатковий високочастотний вплив викликає ефективну термоокислювальну реакцію, яка призводить до руйнування молекул забруднюючих речовин, в тому числі складних органічних сполук і важких металів.

За допомогою контактних теплообмінних процесів йде інтенсивне пароутворення з подальшою конденсацією. В результаті утворюються чиста дистильована вода і вологий муловий осад, який має IV клас небезпеки, в той час як вихідні стічні води могли мати I-II класи небезпеки. Таким чином,

токсичність відходів істотно знижується, і з рідкої фази вони переходять в тверді шлами.

Серед головних переваг гідро-хвильового методу очищення виділяють наступні:

- можливість використання тепла конденсації пари для нагрівання і випаровування вихідної стічної води;
- відсутність фільтрів, сорбентів, а також виключається використання хімреагентів;
- в результаті високочастотних впливів відбувається розкладання органічних молекул на нешкідливі прості компоненти;
- відсутність необхідності водопідготовки для роботи методу;
- можливе поєднання гідро-хвильового методу з використанням нанотехнологій, зокрема, екологічно нейтральних наноматеріалів на вуглецевій основі;
- можливість здійснення звукохімічних реакцій, при яких співосадження елементів і їх ізотопів з очищуваного потоку може стати більш ефективним;
- невелике енергоспоживання;
- відсутність небезпечних відходів.

Створюване на основі цього методу обладнання відрізняється надійністю, довговічністю і простотою [12].

Очищення за допомогою старих компакт-дисків. На конференції Frontiers in Optics (FiO) '2013 Міжнародного оптичного суспільства (англ. The Optical Society, OSA) група дослідників з Тайваню представила нову систему очищення стічних вод з використанням компакт-дисків. На думку вчених, новий метод допоможе не тільки ефективно вирішити питання очищення стічних вод, а й утилізувати відходи.

Поверхня з оптичних дисків була використана науковими співробітниками в якості платформи для вирощування крихітних прямостоячих «нанопалочок» оксиду цинку, товщина яких становить приблизно 0,001 ширини людської волосини. Оксид цинку – недорогий напівпровідник, що виконує функцію фотокаталізатора, здатного руйнувати органічні сполуки ультрафіолетовим світлом, наприклад, в стічних водах.

Вперше фотокаталізатор був вирощений на поверхні оптичного диска. Процес очищення відбувається швидше завдяки легкому проходженню світла крізь тонку плівку з органічних забруднень на поверхні диска, що обертається. Крім дисків, система передбачає джерело УФ-випромінювання і постійну циркуляцію води.

Для оцінки швидкості фотокаталітичної реакції вчені використовували розчин метилового оранжевого барвника. В результаті було встановлено, що новий метод дозволив видалити з води більше 95 % забруднень. За словами авторів розробки, в нинішньому вигляді система здатна очищати 150 мл стічної води в хвилину. Система може бути застосована в невеликих масштабах для очищення вод, забруднених побутовими, промисловими і сільсько-господарськими стоками [12].

Ейхорнія– застосування вищої водної рослини для очищення стічних вод. Ейхорнія або водяний гіацинт (*Eichornia crassipes*) – це багаторічна трав'яниста водна рослина сімейства Понтедерієвих, яке відноситься до бур'янів. Характерними особливостями рослини є довге кореневище, таке ж стебло. Черенки листя, зважаючи на свою форму, наповнені повітрям, надаючи позитивну плавучість суцвіттю і самому листю.

За допомогою цієї рослини можна вилучити зі стічних вод більшість біогенних елементів, таких, як азот, фосфор, калій, кальцій, магній, марганець, сірка, а також такі інгредієнти, як фенол (до 540 г/л), сульфати, нафтопродукти, синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР), фосфати, і можна поліпшити

такі показники, як біологічне споживання кисню (БСК) і хімічне споживання кисню (ХСК).

При очищенні стічних вод, в яких знаходяться аміак, феноли, луки, фосфати, нафтопродукти, рослина, на коренях якої знаходиться не один десяток корисних мікроорганізмів, дрібних молюсків, ракоподібних черв'яків, створює умови для життєдіяльності вищевказаних організмів, які і здійснюють розщеплення інгредієнтів, перетворюючи їх в більш-менш прийнятні для ейхорнії елементи, тобто кожна рослина являє собою очисні споруди в мініатюрі.

Ефективність рослини для очищення води обумовлена низкою факторів, одним з яких є збагачення води киснем, який утворюється в результаті біосинтезу, а другим – розщеплення шкідливих речовин на ряд хімічних елементів.

Ще однією особливістю рослини є підвищений швидкісний режим вегетативного розмноження в зараженій, брудній воді. За добу один екземпляр може дати до 1000 нащадків, таким чином заселяючи собою всю водойму. При цьому після того, як вода повністю очиститься, рослина перестає збільшувати популяцію.

Переваги водяного гіацинта в очищенні стічних вод:

1. не володіє можливістю самозапилюватися, що дозволить зупинити процес зростання в обмеженому водоймищі тоді, коли це необхідно;
2. у разі осушення водойми залишки рослин не виділяють небезпечних токсинів;
3. покращує якість забрудненої води до її природного стану;
4. успішно бореться з патогенними мікроорганізмами в воді;
5. рівень витрат при застосуванні рослини прагне до мінімальних величин, особливо на тлі одержуваного ефекту;
6. будівництво очисних споруд з розрахунком на використання рослини значно дешевше організації традиційних водоочисних конструкцій малого і середнього типу [13].

Сорбенти з відходів деревини. При сорбції тверді речовини (сорбенти) поглинають речовини з навколишнього середовища (сорбат). Перевагами сорбційних методів є їх сумісність з іншими способами збору нафтопродуктів, можливість багаторазового використання сорбенту після регенерації. В якості сорбентів застосовують як природні (торф, активоване вугілля, тирса, глина), так і штучні (пінополіуретан, кераміка, синтетичні волокна) пористі матеріали.

Найбільший інтерес викликають сорбенти, виготовлені з відходів різних виробництв. Використання відходів вирішує відразу дві основні екологічні проблеми: очищення забрудненої води та утилізація відходів. Одними з таких сорбентів є відходи деревообробки, а саме тирса і кора. Встановлено, що нафтопродукти максимально утримуються частинками тирси розміром до 2 мм- (2 г/г). Природний сорбент з нафтою являє собою тверду масу, яку можна використовувати як паливо, що робить застосування такого сорбенту ще й економічно доцільним.

В ході багатьох наукових досліджень встановлено, що лушпиння, солома сільськогосподарських культур, деревна тирса і стружка, лігнін володіють досить хорошою нафтоємністю. Відходи деревної промисловості характеризуються більш пористою структурою, меншою плавучістю, є гідрофільними. Сорбція нафтопродуктів відбувається як на поверхні, так і всередині пор.

При вивченні сорбційних властивостей декількох природних сорбентів і відходів промисловості визначено, що нафтоємність тирси в 1,5 рази вище відносно лігніну, торфу і керамзиту. Тирса є великотоннажним відходом лісопереробної промисловості, що робить її дешевим вторинним матеріалом. Отже, утилізація тирси в якості нафтового сорбенту досить перспективна.

Основною проблемою, пов'язаною з використанням природних матеріалів в якості сорбентів, є недостатньо виражена сорбційна здатність цих матеріалів. Рішення даної проблеми лежить в модифікації такого матеріалу – поліпшення його сорбційних властивостей і, отже, ефективності його використання [14].

2 ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВОДРОСТЕЙ ТА ЦΙΑНОБАКТЕРІЙ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД ВІД НАФТОПРОДУКТІВ

2.1 Досвід використання водоростей-макрофітів для очищення морських прибережних акваторій від нафтового забруднення

Прибережна зона морів і океанів – це зона, де зосереджені основні запаси біологічних ресурсів. Останнім часом серйозною стала проблема забруднення прибережних акваторій вуглеводнями. Найбільш важкі наслідки нафтових розливів наступають, коли розливи відбуваються поблизу берегів, на мілководді і в районах з порізаною береговою лінією і уповільненим водообміном. На жаль, поки що не вдається уникнути аварій на нафтопромислах і при транспортуванні вуглеводнів. У зв'язку з цим постає завдання нейтралізувати несприятливий вплив витоків нафтопродуктів у морське середовище. Крім технічних рішень перспективним є використання біологічних методів боротьби з забрудненням. Біологічні методи засновані на здатності живих організмів включати вуглеводні в свій метаболічний цикл і розкладати їх. В першу чергу це відноситься до мікроорганізмів, грибів і водоростей.

Серед гідробіонтів особливе місце займають макрофіти: водорості та вищі рослини, які є в прибережжі головною ланкою продуцентів органічної речовини. Макрофіти служать їжею для багатьох мешканців, а також формують середовище проживання, де прибережні безхребетні і риби можуть сховатися. Завдяки розгалуженій структурі таломів вони створюють величезну активну поверхню контакту з навколишнім середовищем, що багаторазово збільшує обмінні процеси в прибережжі.

Нафта – це складна суміш рідких вуглеводнів, і від їх складу залежить токсичність нафтопродуктів. Склад нафти з різних родовищ дуже відрізняється між собою, тому оцінити її біологічний вплив на гідробіонти досить важко.

Відомо, що морські водорості більш стійкі до впливу нафтового забруднення в порівнянні з іншими водними організмами, особливо це характерно для бурих водоростей.

Після аварій великих танкерів на узбережжі швидше відновлювалися зарості макрофітів. Це пов'язано не тільки зі стійкістю водоростей до нафтового забруднення, але і з тим, що пригнічується діяльність фітофагів, зокрема морських їжаків, більш чутливих до нафтових розливів. Можливо, що у водоростей, що мешкають на літоралі, виробилася здатність включення нафтових вуглеводнів в метаболізм організму, а також створення природних симбіотичних асоціацій, коли талом водоростей покривається плівкою мікроорганізмів, здатною окисляти нафтопродукти.

Аналізуючи результати експериментів по впливу вуглеводнів на біологічні показники макрофітів, можна констатувати, що при концентрації вуглеводнів понад 200 мкг/л пригнічуються біологічні процеси у водоростей, що призводить до їх загибелі, при менших концентраціях несприятливі ефекти не спостерігаються. Більш того, відзначений стимулюючий вплив на зростання водоростей невеликої кількості нафтопродуктів у морській воді. Це пояснюється тим, що до складу нафти можуть входити біологічно активні речовини, що сприятливо впливають на зростання водоростей. При низьких концентраціях нафтопродуктів в морській воді відбувається стимуляція фотосинтезу у водоростей, при високих – його інгібування.

Дослідження останніх років дозволяють говорити про можливість використання водоростей для очищення морськогоприбрежжя від нафтового забруднення. Виявлена унікальна здатність фукусових водоростей включати в метаболізм нафтові вуглеводні. Нафтове забруднення призводить до зростання на поверхні фукусів загальної чисельності сапрофітних і вуглеводоокисляючих бактерій. Припускають, що діяльність бактерій сприяє поглинанню нафтопродуктів тканинами макрофітів, перетворюючи акумульовані на поверхні вуглеводні в більш доступні з'єднання. Таким чином, хоча постійне забруднення нафтопродуктами призводить до зменшення видової

різноманітності водоростей, є види, не тільки стійкі до вуглеводнів, а й здатні до їх накопичення і включенню в метаболізм.

Таблиця 2.1 – Біологічний вплив нафтопродуктів на морські водорості-макрофіти

Вид водоростей	Концентрація нафтопродуктів, мг/л	Біологічний ефект
<i>Costariacostata</i> <i>Ulvafenestrata</i> <i>Cladophora stimpsonii</i> <i>Laminaria saccharina</i>	0,7 7	Зростання фотосинтезу Інгібування фотосинтезу
<i>Phyllophora</i>	50...1000	Гальмівна дія на фотосинтез
<i>Dilophus fasciola</i> <i>Polysiphonia opaca</i>	100...1000 1000	Зупинка розвитку спор Загибель тетраспор
Фукусові водорості	0,002	Блокування запліднення
<i>Laminaria saccharina</i>	0,01...0,05 0,02 0,2	Пригнічення розвитку гомеофітов Проростання зигот Пригнічення розвитку спорофітів
<i>Polysiphonia brevirticulata</i>	0,1	Відмирання проростків
<i>Polysiphonia opaca</i> <i>Polysiphoni breviarticulata</i> <i>Dilophus fasciola</i>	100...1000	Загибель апікальних клітин
<i>Cystoseira barbata</i>	100	Стимуляція розвитку проростків
<i>Macrocystis pyrifera</i>	1000 100	Пригнічення фотосинтезу Зниження виходу сперматозоїдів
<i>Cystoseira barbata</i> <i>Enteromorpha intestinalis</i> <i>Ulvalactuc</i>	1000	Незначні зміни інтенсивності фотосинтезу

Біотехнологія комплексного плантаційного вирощування ламінарієвих і фукусових водоростей, розроблена співробітниками Лабораторії альгології Мурманського морського біологічного інституту КНЦ РАН, включає

вирощування фукусових водоростей у верхній горизонтальній частині плантації, які виконують в першу чергу бар'єрну функцію. Пропонована біотехнологія бере свою основу від апробованої технології вирощування ламінарії цукристої. Для зменшення нафтового забруднення запропоновано використовувати плантації водоростей – макрофітів як бонового загородження в прибережжі Баренцового моря. Як об'єкти санітарної марікультури для очищення морської акваторії від нафтового забруднення обрані бурі водорості – фукус пухирчастий (*F. vesiculosus*) і ламінарія цукриста (*Laminaria saccharina*).

Водорості служать прекрасним субстратом для бактерій, створюючи сприятливі умови для них, поставляючи кисень і необхідні органічні сполуки. Цей симбіоз більш ефективно переробляє забруднення. Наприклад, в присутності *F. vesiculosus* зниження концентрації нафтопродуктів відбувається з більшою інтенсивністю. Так, в експериментах, за три тижні вміст дизельного палива в воді зменшився до 100 разів.

Гідробіонти, що вирощуються для очищення водного середовища називаються санітарною марікультурою. Це перспективний напрям, який ще знаходиться в стадії наукових розробок.

Одна з проблем санітарної марікультури – це вибір вирощуваних видів.

Вид, який використовується для культивування, повинен відповідати певним вимогам. Необхідно врахувати не тільки чисто «поглинаючі» можливості виду, але і його природну чисельність, особливості росту і розвитку, а також конкурентні відносини з іншими гідробіонтами.

Для районів, схильних до евтрофікації, характерно формування «ефемерних» рослинних угруповань, де визначальну роль відіграють зелені водорості. Тому такі види, як *Enteromorpha linza*, *Urospora penicilliformis*, *Spongomorpha duriuscula*, можуть бути першими кандидатами для вирощування на плантаціях санітарної марікультури. Зелені водорості кращі ще тим, що вони стійкі до антропогенного забруднення. Переробляючи органіку, вони створюють сприятливе середовище для безхребетних і риб та добре ростуть на

штучних субстратах. Крім вибору об'єктів культивування важливо розробити технологію їх вирощування.

Ще одна проблема – переробка вирощеного врожаю. Залишається не вирішеним питання: чи можна водорості, які культивувалися в воді з підвищеним вмістом нафтопродуктів, використовувати в їжу або переробляти для отримання лікувальних і косметичних препаратів. Найбільш прийнятний спосіб – це використання водоростей в якості добрива або для отримання біогазу. Подібні технології вже успішно застосовуються.

Розроблена велика кількість гідробіотехнічних установок, що використовуються в господарствах марікультури. Але ці установки створювалися для товарного вирощування гідробіонтів. Безумовно, плантації водоростей, які проектується для санітарної очистки, повинні відрізнятися по конструкції, але які ці конструктивні рішення – поки не ясно. Можливо для цих цілей будуть ефективні конструкції у вигляді штучних рифів.

Встановлено, що в зоні рифів швидкість руйнування нафтопродуктів приблизно на два порядки більше, ніж в природному морському середовищі. Рифові конструкції кращі в тому плані, що є хорошим твердим субстратом, на якому досить швидко утворюється рослинне співтовариство. В цьому випадку виключаються багато технологічних прийомів, що застосовуються на плантаціях (посадка, проріджування проростків).

Потрібно враховувати, що нафтове забруднення в першу чергу поширене в бухтах, на акваторії портів, в районах, де відбувається інтенсивне судноплавство. В цьому випадку установки з вирощуваними водоростями повинні відповідати безпеці мореплавання. Плантації санітарної марікультури необхідно розташовувати на акваторії так, щоб вони ефективно очищали воду від нафтопродуктів і в той же час не заважали іншій господарській діяльності.

У Баренцовому морі успішно пройшла апробацію плантація-біофільтр, здатна забезпечити протягом двох-трьох тижнів зниження рівня забруднення нафтопродуктами морської води в 10...30 разів. Плантація розрахована на багаторічний термін служби, що забезпечується процесами розвитку і

відновлення асоціації водоростей і мікроорганізмів. Схема плантації аналогічна ламінарієвим плантаціям, але має спеціальну модифікацію. Верхній горизонтальний канат засаджений взятими з природи фукусовими водоростями, а на нижньому канаті знаходяться ламінарієві водорості.

Продукція санітарної марікультури – це чиста вода, тому розрахунок економічної ефективності санітарної марікультури повинен базуватися на ефекті, що отримується, перш за все, від очищення водного середовища.

Таким чином, водорості в перспективі можна використовувати для очищення морської води від нафтового забруднення, але для цього необхідно вирішити такі завдання:

- обрати види водоростей для вирощування на плантаціях санітарної марікультури, що переробляють забруднення;
- розробити технічні установки, на яких водорості будуть культивуватися;
- визначити діапазон концентрацій забруднення нафтопродуктами, при яких санітарна марікультура буде найбільш ефективна;
- визначити спосіб переробки і утилізації вирощених водоростей;
- подолати адміністративні та законодавчі перешкоди в області застосування установок санітарної марікультури;
- визначити джерела фінансування об'єктів санітарної марікультури.

Вирішення цих завдань дозволить перейти від експериментальних досліджень до повномасштабного використання водоростей для очищення морських акваторій [15].

2.2 Ціано-бактеріальні консорціуми в очищенні стічних вод

У процесах самоочищення природних вод беруть участь мікроорганізми (бактерії, гриби), які здійснюють мінералізацію автохтонної і аллохтонної органічної речовини; найпростіші і ракоподібні, які споживають біомасу

первинних продуцентів; фотосинтезуючі бактерії і мікроводорості, вищі рослини. Технологія процесу штучної біологічної очистки заснована на тих же принципах, що і процес природного самоочищення природних водойм. Відмінність полягає в збільшенні біомаси деструкторів, механічної аерації і перемішуванні для більш повного контакту мікроорганізмів з забруднюючими речовинами. Досить повно утилізувати складні сполуки, що входять до складу природних і промислових середовищ, що утворюються в результаті промислового і сільськогосподарського виробництва і містять широкий спектр органічних і неорганічних сполук, здатні асоціації мікроорганізмів, що володіють стійкістю і більш високою стабільністю. Для багатьох чистих культур, що ростуть при високій концентрації клітин в безперервній культурі, характерним буває виснаження продуцента, пов'язане з накопиченням деяких розчинних продуктів життєдіяльності, не повністю окислених субстратів і токсичних речовин. У змішаних культурах цього не відбувається через те, що сполуки, які накопичуються, послідовно споживаються асоціантами спільнот. Змішані культури здійснюють повну або часткову деструкцію складних органічних субстратів, в тому числі гербіцидів, пестицидів, нафтопродуктів, і тому очищення промислових відходів, як правило, проводиться за допомогою змішаних культур (консорціумів), що містять гриби, бактерії і водорості. Особливою стійкістю щодо забруднюючих і токсичних речовин володіють спільноти, едифікатором яких є ціанобактерії. Діяльність подібного роду асоціацій обумовлена як функціями самих ціанобактерій, так і бактерій, які є їх супутниками. Так, ціанобактерії мають виняткову пристосованість до мінливих умов навколишнього середовища внаслідок наявності у них ряду фізіологічних особливостей: здатність здійснювати окиснений і аноксигенний фотосинтез, гетеротрофну фотоасиміляцію, фіксувати молекулярний азот, окисляти сполуки сірки, деструктувати багато органічних субстратів. Крім того, позаклітинні метаболіти ціанобактерій (полісахариди, вітаміни і т.д.) і їх нитчаста будова

сприяють створенню сприятливого середовища для розвитку в симбіозі з ними різних груп мікроорганізмів.

В ході досліджень очисних споруд встановлено, що на всіх етапах очистки (механічна, фізико-хімічна, біохімічна) присутні не тільки мікроорганізми, що входять до складу стічних вод і активного мулу, а й альго-бактерійні групи у вигляді обростань на поверхнях конструкцій і плівок на поверхні води.

Характерно, що, як правило, при дослідженні обростань і плівок в очисних спорудах і ставках доочищення стічних вод, акцент робиться лише на вивченні водорослевої складової. Тоді як, полісахариди клітинної стінки і позаклітинні полісахариди (глікокалікс) мікроводоростей і ціанобактерій забезпечують розвиток супутньої мікрофлори з більш високими трофічними потребами, а позаклітинні полісахариди грають певну роль як у збереженні пулу ряду гетеротрофних мікроорганізмів, так і в створенні і підтримці стабільності екосистем. Загальна кількість бактерій, супутніх водоростям і ціанобактеріям, може досягати значних розмірів і становить половину і навіть більше їх обсягу. При цьому, кількість і склад мікроорганізмів-супутників мінливий. Деякі види бактерій є конкурентоспроможними і виявляються в якості супутників постійно.

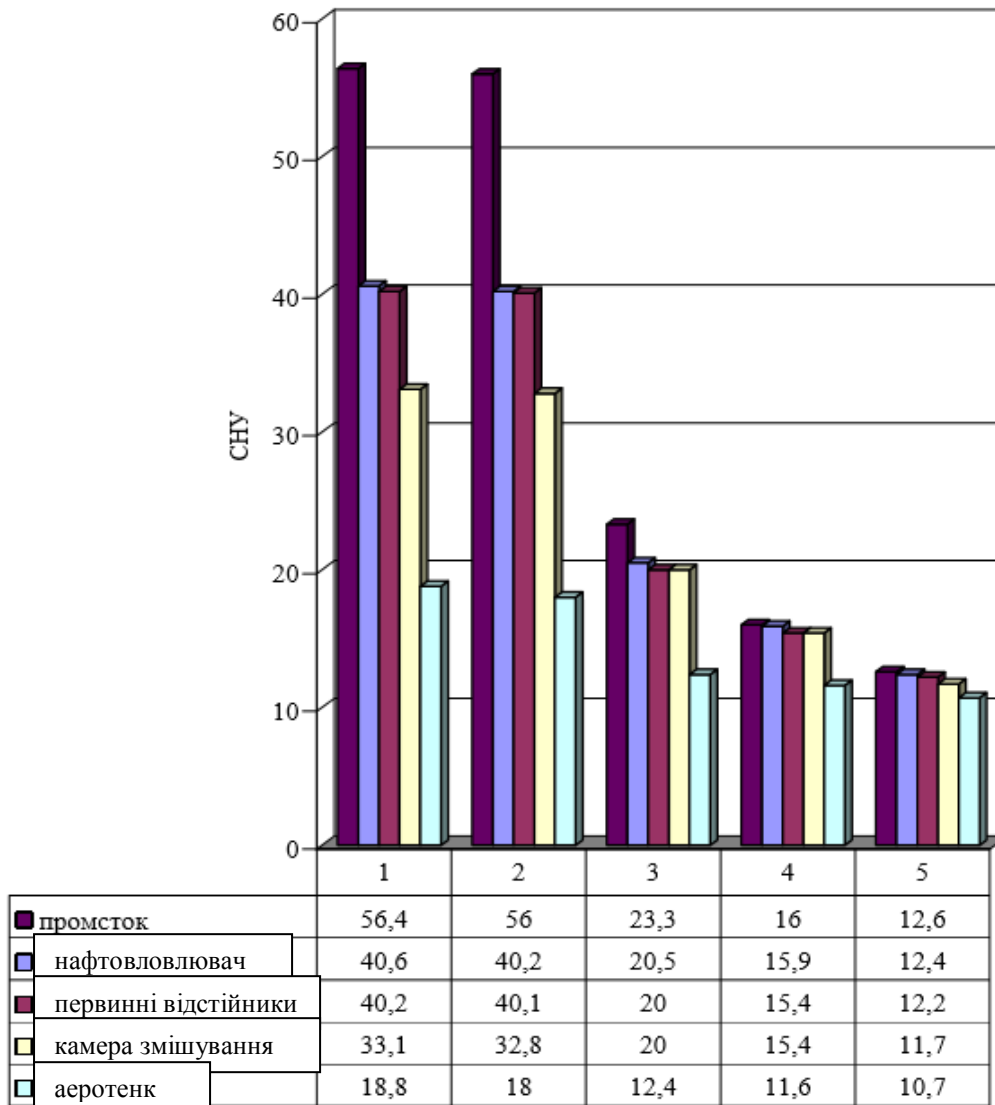
Аналіз виділених з очисних споруд альго-бактеріальних спільнот показав наявність в ньому 3-х трофічних ланок: фотосинтезуючих організмів (бактерії, мікроводорості), мікрофлори (гетеротрофні бактерії і мікроскопічні гриби) і найпростіших. Едифікатором спільноти є ціанобактерії *Phormidium tenuissimum*, *Synechocystis minuseula* і *Synechococcus elongates*, які як в очисних спорудах, так і в лабораторних умовах, формують тяжі (мати) з щільних шкірясто-слизових дерновинок, утворених переплетенням їх трихомів. На поверхні і в прошарках тяжів розташовуються трихоми, нитки, слизові колонії, поодинокі клітини інших ціанобактерій і мікроводоростей, а також війчасті інфузорії, коловертки, циклопи, жгутикові форми. Мінорні компоненти співтовариства представлені автотрофними і гетеротрофних бактеріями і грибами наступних еколого-

трофічних груп: азотфіксуючі, амоніфікуючі, нітри- і денітрифікуючі, ліпо-, амілолітичні, фенолокисляючі, сульфат і сіркоредакуючі. Серед них ідентифіковані бактерії: *Chlorobium*, *Chromatium*, *Thiocapsa*, *Rhodopseudomonas*, *Azotobacter*, *Azomonas*, *Arthrobacter*, *Beijerinckia*, *Bacillus*, *Cellulomonas*, *Derxia*, *Kurthia*, *Micrococcus*, *Nocardia*, *Rothia*, *Streptothrix*, *Rhodococcus*, *Sarcina*, *Actinomyces*, *Mycobacterium*, *Mycobacterium*, *Actinoplanes*, *Streptosporangium*, *Streptococcus*; гриби: *Acremonium*, *Alternaria*, *Acladium*, *Aspergillus*, *Penicilium*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Cladosporium*, *Exosporium*, *Gliocladium*, *Botrytis*, *Verticillium*. Мікрободорості, асоціативно присутні в тяжі, представлені діатомовими, зеленими, евгленовими, золотистими і жовто-зеленими.

При інтродукції біомаси ціано-бактеріальних спільнот в модельні мікроекосистеми на основі реальних стічних вод різних етапів очищення спостерігається активізація очищення від нафтових вуглеводнів.

На початковому етапі у стічній воді приймальної камери і нафтоуловлювачів спостерігалась відсутність розчиненого кисню при високих значеннях сірководню і загальному вмісту нафтопродуктів – 285,6 і 56,40 мг/дм³; 255,0 і 40,60 мг/дм³ відповідно. У первинних відстійниках – при вкрай незначному вмісті розчиненого кисню – 0,29 мг O₂/дм³ спостерігається вміст нафтопродуктів – 40,20 мг/дм³, сірководню – 170,0 мг/дм³. Для стічної води в камері змішування і аеротенках характерний слабкий гнильний сірководневий запах, бурий пластівчастий осад, при цьому сірководень присутній у невеликих концентраціях при вмісті кисню 1,48 і 2,07 мг O₂/дм³ відповідно. Загальний вміст нафтопродуктів становить: для камери змішування – 33,10 мг/дм³, для аеротенка – 18,80 мг/дм³.

В ході експериментальних досліджень відзначено зниження вмісту нафтопродуктів у воді на 43,1-77,7 % (рис.2.1). Крім того, встановлено, що після закінчення спостереження за експериментальними мікроекосистемами (мікрокосмами) спостерігається збільшення вмісту розчиненого у воді кисню в середньому в 1,5 рази і приріст біомаси ціано-бактеріальної спільноти в 1,8-2,8 рази.



точки контролю (1 – початкове, 2 – 10 діб., 3 – 24 доби, 4 – 48 діб., 5 – 72 доби)

Рисунок 2.1 – Динаміка сумарних нафтових вуглеводнів (СНУ) в мг/дм³ у стічних водах при інтродукції ціано-бактеріальної спільноти

При вивченні складу співтовариств, що сформувалися в модельних екосистемах на стічних водах, спостерігається сукцесія асоціантів, присутніх в матриці ціанобактерій, в порівнянні з лабораторною (накопичувальною) культурою. Зокрема, відзначено збільшення чисельності нафтоокислюючих бактерій на два порядки. Крім того, для досліджуваних мікрокосмів при зіставленні кількісного і якісного складу мікроорганізмів, що входять до складу водної фракції і знаходяться іммобілізованими в тяжі, відзначено превалювання їх чисельності у складі співтовариства з ціанобактеріями (на один-два порядки).

Цьому сприяє те, що основою трофічних зв'язків ціанобактерій з іншими організмами є їх слизова будова і позаклітинні метаболіти.

В ході досліджень з ціано-бактеріальних тяжів, що сформувалися, виділені вуглеводокисляючі і сульфатредуючі бактерії-супутники. При цьому, чисельність мікроорганізмів, що виділяються на «збагачених» поживних середовищах (з цукрами) становить 2,1-5,8 млн.кл/мл, а на мінеральних – 22,0-230,0 тис.кл/мл. При додаванні в ці поживні середовища в якості додаткових джерел вуглецю мазуту, моторного масла, бензину та нафти виділені і ідентифіковані бактерії р. *Actinomyces* і споріднені з ними організми; з соляркою – р. *Rhodococcus*; з нафтою – р. *Xanthobacter*.

Таким чином, серед асоціантів ціано-бактеріальних спільнот, сформованих на стічних водах з підвищеним вмістом сірководню і нафтових вуглеводнів, присутні сульфатредуючі і вуглеводокисляючі бактерії. Анаеробні сульфатредуктори беруть участь в деструкції і мінералізації органічної речовини. Вуглеводокисляючі бактерії при цьому служать постачальником органічної речовини для анаеробних мікроорганізмів, в тому числі сульфатредуючих. Вуглеводокисляючі бактерії є аеробними організмами і здійснюють такі основні процеси як аеробне розкладання білка і целюлози, окислення вуглеводнів і метану. Сульфатредуючі бактерії здійснюють анаеробне розкладання білка і целюлози, метаногенез, ацетогенез і сульфатредукцію. На аеробному етапі процесів розкладання вуглеводнів утворюються вуглекислота, вода, бактеріальна маса, проміжні продукти бактеріального окислення (глюкоза, ацетат і ін.). Субстратом для аеробних бактерій служать високомолекулярні і низькомолекулярні органічні речовини (нафтові вуглеводні). Анаеробна деструкція органічної речовини включає кілька етапів: гідроліз, бродіння, газоутворення. На початковому етапі цього багатостадійного процесу гідролітичні бактерії руйнують полімерні речовини до мономерів (жирних кислот, цукрів, нуклеотидів, пептидів і амінокислот), які використовуються бродильними мікроорганізмами. При цьому, низькомолекулярні органічні речовини (леткі жирні кислоти, спирти, CO₂ і

H₂O), що утворюються служать субстратом для бактерій термінальної ділянки анаеробної деструкції органічної речовини – ацетогенів, метаногенів і сульфатредукторів. Кінцевими продуктами анаеробної деструкції органічної речовини в анаеробних зонах водойм є CO₂, H₂, CH₄, H₂ та інші гази.

Отже, аеробні мікроорганізми створюють харчову базу і необхідні умови для функціонування анаеробів, які завершують процес розкладання органічної речовини, тобто взаємини між сульфатредукуючими і вуглеводокисляючими бактеріями складаються за типом коменсалізма. Ціанобактерії, які є едифікаторами спільнот, виділяють кисень, необхідний для аеробних бактерій, використовуючи в своєму метаболізмі вуглекислоту, проміжні продукти деструкції як аеробних вуглеводокисляючих, так і анаеробних сульфатредукуючих бактерій. Отже, ціанобактерії сприяють створенню більш активних взаємозв'язків між гетеротрофних організмами.

В цілому позитивну роль ціанобактерій в очищенні стічних вод обумовлює сумарна дія декількох істотних факторів:

1. поліпшення кисневого режиму за рахунок фотосинтетичної аерації;
2. поліпшення умов життєдіяльності водної мікрофлори, тому що створюються сприятливі умови для розвитку як епіфітних, так і мешкаючих у водному середовищі мікроорганізмів;
3. акумуляція забруднювачів або метаболізм токсикантів в клітинах за участю їх ферментних систем.

Вплив перших двох чинників є непрямим, в той час, як інші пов'язані з безпосередньою участю мікрородоростей і ціанобактерій в процесах очищення. У реальних умовах, як правило, ці фактори проявляються комплексно з переважним ефектом того чи іншого фактора.

У результаті проведених досліджень із техногенних екосистем з підвищеним вмістом сірководню і нафтопродуктів виділено ціано-бактеріальне співтовариство, едифікатором якого є ціанобактерії *Phormidium tenuissimum*, *Synechocystis minuseula* і *Synechococcus elongates*, в складі асоціантів виявлені мікрородорості, найпростіші, бактерії, гриби. Формування складу (якісного і

кількісного) бактеріальних асоціантів спільноти, едифікаторами якого є ціанобактерії, визначається змінами фізико-хімічних умов середовища проживання, які, в свою чергу, впливають на склад асоціантів. При цьому, суцесія бактеріальних супутників ціанобактерій здійснюється за принципом найбільш повного використання харчових і енергетичних джерел конкретних біотопів. Все це визначає позитивну роль подібних спільнот в активізації очищення стічних вод [16].

2.3 Роль *Fucus vesiculosus* в очищенні прибережних акваторій від нафтового забруднення

Найвні в науковій літературі відомості про ступінь впливу шкідливих речовин на життєдіяльність гідробіонтів суперечливі. Поряд з даними про альтеруючий вплив мінімальних доз нафти, зустрічаються відомості про можливу стимуляцію відносно малими концентраціями нафти зростання водоростей. Залишаються нез'ясованими механізми збереження життєздатності у водоростей в умовах забруднення.

Для розуміння механізмів стійкості до нафтового забруднення, а також можливої ролі макрофітів в очищенні морської води від нафтопродуктів було зроблено комплексне дослідження морфо-функціонального стану літорального виду бурих водоростей *Fucus vesiculosus* (рис. 2.2) з місць, що розрізняються за ступенем нафтового забруднення.

Альгологічний матеріал відбирався на Мурманському узбережжі Баренцового моря з місць із тривалим постійним забрудненням (ПЗМ); місць, де забруднення носило тимчасовий характер (ТЗМ) і відносно чистих місць проживання (ЧМ). Проводилось порівняння за видовим, віковим складом і проективному покриттю. У окремих одновікових рослин фукуса пухирчастого – *Fucus vesiculosus*, які ростуть в ЧМ і ПЗМ аналізувалися інтенсивність фотосинтезу, кількість і співвідношення пігментів, вміст загальних ліпідів, маніта і полісахаридів.



Рисунок 2.2 – Фукус пухирчастий (*Fucus vesiculosus* L.)

Визначення концентрацій нафтопродуктів (НП) у воді проводилося методом газової хроматографії. Масову частку НП в водоростях визначали методом хромато-мас-спектроскопії.

Облік загальної чисельності бактерій (ЗЧБ) в пробах води і змивах з таломівмакрофітів проводили методом епіфлуоресцентної мікроскопії на мікроскопі ЛЮМАМ ИЗ з використанням барвника акридіновий помаранчевий.

Вплив нафтопродуктів на фукусові водорості

Вміст нафтопродуктів у воді, відібраної з глибини до 0,5 м з ПЗМ, досягав 1,0 мг/л у квітні-травні та знижувався до 0,3-0,4 мг/л у вересні. Відбір проб водоростей здійснювали з каменів, де на поверхні фукуса постійно присутні нафтопродукти. У тимчасово забруднених районах (ТЗМ) зміст НП у воді становив 0,26 мг/л, а на віддаленні від нього (ЧМ) 0,04 мг/л.

На літоралі порту м. Мурманська (ПЗМ) виявлено присутність 4 видів водоростей, загальним проективним покриттям не більше 10 %. Переважно це *F. vesiculosus* (95 %), також зустрічалися окремі екземпляри *F. distichus*, *Ascophyllum nodosum* і *Pylaiella littoralis*. На каменях же біля причалу виявлявся лише *F. vesiculosus*.

На літоралі відносно чистих акваторій (ЧМ) присутні до 12 видів водоростей, проективним покриттям 85-90 %. Співвідношення видів фукусових на верхній літоралі: *F. vesiculosus* – 60 %, *A. nodosum* – 25 %, *F. distichus* – 10 %.

У ПЗМ вік особин *F. vesiculosus* не перевищував 4-6 років, в той час як в ЧМ досягає 12-16 років. Вага, розмір, відносна швидкість росту у одновікових таломів водоростей з ПЗМ в 1,52 рази менше, ніж у рослин з ЧМ. Інтенсивність фотосинтезу у водоростей з обох місць проживання була однаковою і становила $1,02 \pm 0,02$ мгСО₂/год сухої маси. По складу і кількості фотосинтетичних пігментів також достовірних відмінностей не спостерігалось (табл. 2.2). Вміст маніта і фукоїдана у фукуса з ПЗМ нижче, ніж з ЧМ, а вміст ліпідів, навпаки, майже в 3 рази вище (табл. 2.3).

Таблиця 2.2 – Вміст пігментів (мг/г сухої речовини) у *F. vesiculosus*: 1 – чисте місце проживання, 2 – постійно забруднене місце проживання

Пігменти	1	2
Хлорофіл	5,30	4,83
Віолаксантин	0,39	0,40
Фукоксантин	1,85	1,58
β-каротин	0,22	0,21
Сума каротиноїдів	2,46	2,19

Таблиця 2.3 – Хімічний склад таломів *F. vesiculosus* в % від навішування: 1 – чисте місце проживання, 2 – забруднене місце проживання

Місце проживання	Загальні ліпіди	Маніт	Фукоїдан	Альгінат
1	3,6	11,4	16,0	24,1
2	9,8	6,7	5,7	21,4

Хімічний аналіз водоростей з ЧМ (табл. 2.3) показав порівняно низький вміст загальних ліпідів, досить високий вміст альгінату і високий вміст фукоїдану. Ці результати узгоджуються з відомостями, отриманими для фукусових водоростей з інших акваторій. Вміст загальних ліпідів в фукусах з

ПЗМ підвищено в три рази в порівнянні з ЧМ. При цьому у водоростей з ПЗМ спостерігається зниження вмісту маніту і фукоїдану (відповідно в 2 і 3 рази). Зміст альгінату падає незначно.

Зменшення вмісту вуглеводів у фукусів з ПЗМ, можливо, пов'язано з особливістю їх існування в стресових умовах. Збільшення вмісту загальних ліпідів, цілком ймовірно, обумовлено тим, що при аналізі враховуються нафтові вуглеводні, сорбовані на поверхні таломів. Незважаючи на зазначені зменшення розмірів, ваги і тривалості життя, а також значне зниження швидкості росту у фукуса пухирчастого із забруднених місць, практично всі відібрані особини проявили здатність до зростання. Присутність на забрудненій літоралі переважно фукоїдів може свідчити про високий ступінь стійкості даних видів водоростей до нафтового забруднення.

Можлива роль фукусів в нейтралізації нафтопродуктів

Для з'ясування здатності *F. vesiculosus* до нейтралізації нафтопродуктів у воді була проведена серія експериментів, результати яких наведені в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Результати лабораторного експерименту з очищення морської води фукусовими водоростями (ФВ)

Об'єкт/термін витримки	Зміна вмісту НП у морській воді (мг/л) і водоростях, мг/кг					
	вода чиста	вода чиста + ФВ	вода + ДП	вода + ДП + ФВ	вода + ДП + ФВ	вода + ДП + ФВ
Дослід	1	2	3	4	5	6
Контроль Вода/фукус	0,05	0,05	1,54	1,53	6,42	12,24/ 0,165
3 доби	-	-	-	0,41	1,9	-
7 діб	0,05	0,034	1,54	0,26(0,32)	0,72	2,84/5,62
14 діб	0,05	0,03	1,52	0,06(0,09)		0,09/8,68
21 доба	0,05	0,03	1,54	0,032(0,04)	0,04(0,8)	-

Примітки: ГДК змісту НП для морських вод 0,05 мг/л; використовувалися таломи водоростей з 6-7 дихотоміями (вік 3 р.); використовувалося "літнє" дизельне паливо; експеримент проводився в батарейних склянках ємністю 3 л на магнітних змішувачах при температурі + 8-10 ° С; після внесення палива в стакан і інтенсивного перемішування йому давали добу відстоятися, а потім видаляли поверхневу плівку; значення в дужках в колонках 4 і 5 є результатом 2-х повторів експерименту; в колонці 6 наведені співвідношення вмісту ДП у воді і в таломі водоростей.

Результати експериментів, представлені в табл. 2.4, наочно демонструють, що в присутності *F. vesiculosus* зниження концентрації нафтопродуктів відбувається з набагато більшою інтенсивністю. За 3 тижні вміст ДП у воді зменшився до 100 разів. Проведений в ряді дослідів аналіз НП у водоростях показав значне збільшення їх вмісту у процесі експерименту.

Для аналізу процесу утилізації водоростями нафтопродуктів таломи *F. vesiculosus*, відібрані з каменів в ПЗМ, поміщалися у вологу термокамеру при температурі 5-8 градусів. Було з'ясовано, що масова частка нафтопродуктів у водоростях з ПЗМ становила 6956 мг/кг, з них 3238 мг/кг знаходилися на поверхні, а 3718 мг/кг - в тканинах. Експериментально вдалося виявити нелінійний характер зниження загальної кількості вуглеводнів, що знаходяться на поверхні фукусових водоростей. При цьому швидкість асиміляції і переробки вуглеводнів фукусових падає в міру зниження поверхневого забруднення таломів водоростей, з одного боку, і в міру насичення їх тканин продуктами переробки – з іншого. За перші 7 днів витримки зразків водоростей в умовах вологої термокамери було перетворено 3466 мг/кг нафтопродуктів при середній швидкості перетворення 495 мг/кг/добу. У наступні тижні експерименту відзначається значне зниження швидкості перетворення, так як перероблено було всього 252 мг/кг НП при середній швидкості 36 мг/кг/добу. Наведені дані підтверджують факт засвоєння фукусовими водоростями вуглеводнів нафти.

У результаті проведеного дослідження можна зробити наступні висновки:

1. серед водоростей-макрофітів Баренцового моря зустрічаються види не тільки стійкі до нафтопродуктів, а й здатні до їх акумуляції і включення в метаболізм. Таким видом є *Fucus vesiculosus*;
2. постійне забруднення нафтопродуктами призводить до зменшення видової різноманітності, проективного покриття, біомаси, розмірно-масових характеристик, вмісту вуглеводів. Разом з тим, за рівнем фотосинтезу і вмісту пігментів відмінностей не спостерігалось;
3. поряд з певною можливою участю фукусових водоростей в очищенні морської води від нафтопродуктів, механізм деструкції, поглинання НП водоростями залишається гіпотетичним.
4. виявлена стійкість фукуса пухирчастого до нафтового забруднення, а також здатність до нейтралізації нафтопродуктів, поряд із зазначеною раніше надзвичайно високою стійкістю даного виду до інших альтеруючих факторів зовнішнього середовища (опрісненню, мінусовій температурі, ультрафіолету) створює можливість використання *F. vesiculosus* для переробки поверхневих плівок нафтопродуктів, в тому числі в санітарній аквакультури (плантація-біофільтр) [17].

2.4 Пристрій для біологічної очистки морських вод від техногенних забруднень

Інтенсивна виробнича діяльність у прибережній зоні супроводжується посиленням забруднення, що негативно позначається в першу чергу на прибережних біоценозах.

Природний вихід із цього становища – введення компенсаційних заходів, одним з яких є санітарна марікультура. В багатьох дослідженнях була показана здатність бурих водоростей акумулювати важкі метали, радіонукліди. В останні роки виявлена унікальна здатність фукусових водоростей включати в метаболізм нафтові вуглеводні.

У відомому способі очищення морських прибережних вод від плівкових і диспергованих у поверхневому шарі води нафтопродуктів в якості сорбуючого середовища використовують плавучу плантацію із водоростей, основу якої становить система з'єднаних між собою синтетичних канатів, засаджених ламінарією і фукусовими водоростями.

Експериментальними дослідженнями і натурними спостереженнями показана можливість утримання нафтової плівки поверхнею фукуса протягом тривалого часу. Результати експериментів свідчать, що один квадратний метр плантації може за 4-5 днів нейтралізувати плівку, що утворюється при розливі на цій площі 100 мл нафти. Звичайно, що багато в чому результати залежать від погодних умов, що забезпечують випаровування плівки.

Пристрій для біологічного очищення морських вод від техногенних забруднень, призначений для очищення поверхневих вод у прибережних районах моря, бухтах та інших зонах можливого промислового забруднення нафтопродуктами шляхом біологічної обробки води з використанням бурих водоростей, ламінарієвих і фукусових, в поєднанні з мікроорганізмами.

Даний пристрій являє собою 2 варіанти санітарної водоростневої плантації, що складається із силових синтетичних канатів діаметром 30-40 мм, прикріплених до якорів і утримуваних у вертикальному положенні буями, з'єднаними із силовими канатами, за допомогою яких на поверхні утримуються робочі модулі для розміщення фукусових водоростей.

По першому варіанту модулі виконані у вигляді матів із поліпропіленової сітки з розміром комірки 80-120 мм, шириною 1-2м, довжиною від 1 до 10 м, на якій закріплені таломі фукусових водоростей, при цьому на сітці між рядами водоростей закріплені розпірки-поплавці довжиною, рівній ширині сітки, на відстані 2 м один від одного, а мати виконані з можливістю з'єднання один з одним.

За другим варіантом робочі модулі для розміщення фукусових водоростей виконані у вигляді матів з двох шарів поліпропіленової сітки з розміром комірки 80-120 мм, з'єднаних з боків за допомогою канатів, між

якими розміщені таломі фукусових водоростей, ширина кожного мата 1-2 метра, довжина від 1 до 10 метрів, при цьому на сітці закріплені розпірки-поплавці довжиною, рівній ширині сітки, на відстані 2 метри один від одного, а мати виконані з можливістю з'єднання один з одним.

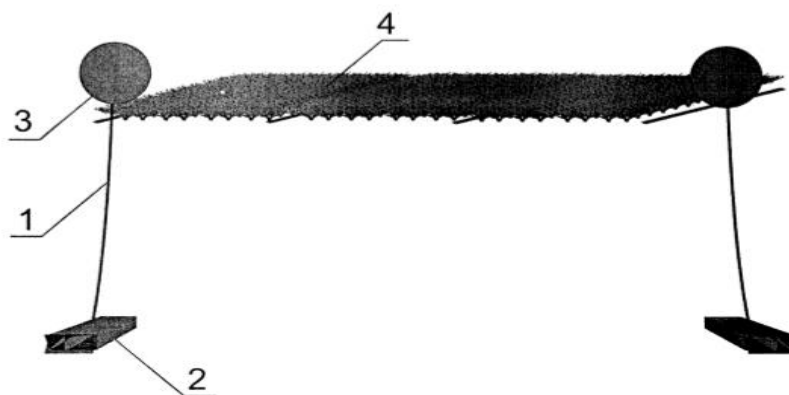
Для досягнення заявленого технічного результату таломі фукусових водоростей у вільному порядку розміщені між шарами поліпропіленової сітки, при цьому середня маса фукусів на площі мата 1 м² становить близько 2 кг. Технічний результат досягається також тим, що розпірки-поплавці виконані з пластикових труб, загерметизованих по краях. Мати з фукусових водоростей виконані з можливістю їх скочування в рулон.

Виконання робочих модулів у вигляді матів, що дозволяє збільшити площу покриття поверхні води водоростями, забезпечує збільшення поглинання і нейтралізації нафтопродуктів, протидіє поширенню плівки при посиленні вітру, а також дозволяє виробляти, завдяки використанню фукусових водоростей, що володіють толерантністю до опріснення, постановку плантації в районах з низькою солоністю, чому сприяє також закріплення на сітці розпірок-поплавців.

Виконання матів з фукусових водоростей з можливістю їх скочування в рулон забезпечує технологічність зберігання і заміни, в разі необхідності, матів в чинній плантації, що обумовлює в свою чергу, простоту і економічність установки плантації.

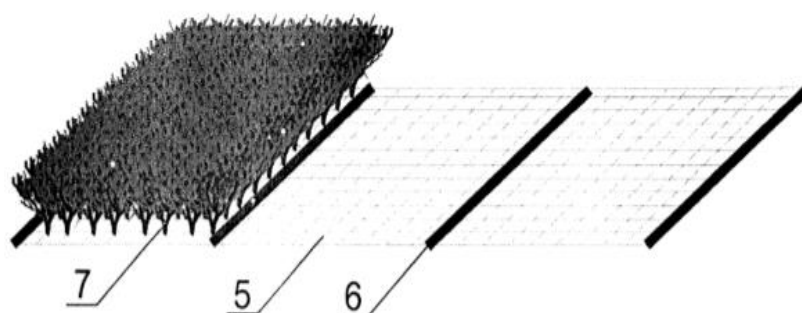
Пристрій (рис.2.3) виконано з силових синтетичних канатів діаметром 3040 мм, прикріплених до гравітаційних якорів і утримуваних у вертикальному напрямку буями, які є також візуальними маркерами плантації. До буїв канатами кріпляться мати фукусових водоростей, що представляють собою, в першому варіанті, закріплені на поліпропіленовій сітці з розпірками таломі фукусових водоростей (рис.2.4). Мати виготовляються розміром: ширина 1-2 м, довжина від 1 до 10 м. У пристрої використовується поліпропіленова сітка з розміром комірки 80-120 мм. Розпірки-поплавці довжиною, рівній ширині сітки, виконані у вигляді відрізків пластикових труб, загерметизованих по

краях. Встановлюються на сітці на відстані 2 м один від одного. Мати виготовляються з можливістю їх скочування в рулон і з'єднання один з одним при установці плантації, наприклад, за допомогою канатів, що спрощує спосіб зберігання плантації в розібраному вигляді і швидке з'єднання матів в єдине ціле.



1 – силові синтетичні канати; 2 – гравітаційні якорі; 3 – буї; 4 – мати фукусових водоростей

Рисунок 2.3 – Загальна схема пристрою для біологічного очищення морських вод від техногенних забруднень



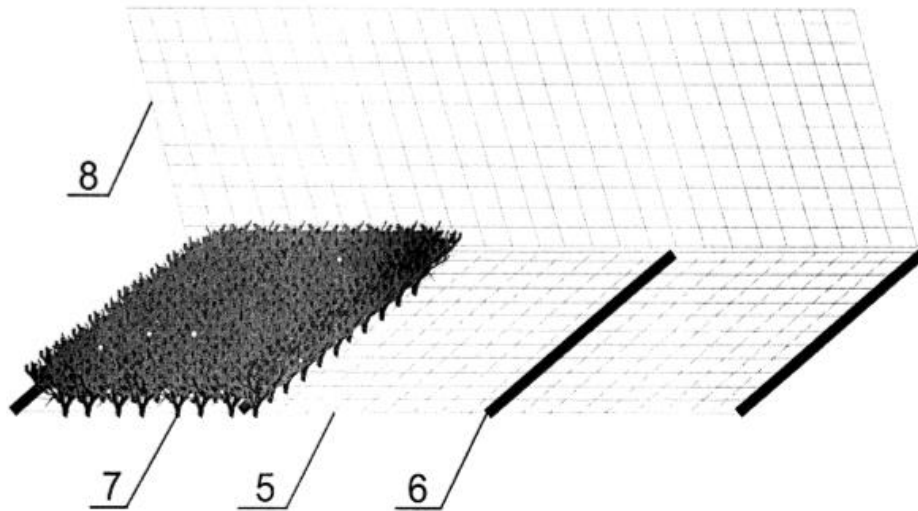
5 – поліпропіленова сітка; 6 – розпірки-поплавці; 7 – таломы фукусових водоростей

Рисунок 2.4 – Загальний вигляд окремого мату плантації першого варіанту

У другому варіанті (рис.2.5) мати виготовляються з двох шарів сітки тих же розмірів, при цьому шари з'єднуються між собою за допомогою канатів або пластикових хомутів, між якими розміщуються таломы фукусових водоростей. Рослини не закріплюються на сітці, а розміщуються в довільному порядку і

накриваються зверху другим шаром сітки з розміром комірки 80-120 мм. При цьому фіксація таломів відбувається шляхом їх самовільного заплутування в комірці сітки.

Такі мати також виготовляються з можливістю їх скочування в рулон. Пристрій простий у виготовленні і експлуатації, оскільки модулі можуть періодично замінюватися на нові.



5,8 – поліпропіленова сітка; 6 – розпірки-поплавці; 7 – таломи фукусових водоростей

Рисунок 2.5 – Загальний вигляд окремого мату плантації другого варіанту

Недоліком зазначеної плантації є її низька ефективність навіть при невеликій силі вітру. В цьому випадку вода, що містить плівку нафтопродуктів (НП), перекочується через верхні горизонтальні канати, які є субстратами для фукусових водоростей, що веде до поширення по поверхні нафтової плівки.

Ще один досить вагомий недолік – порівняно низька щільність робочого середовища висаджених уздовж субстратів водоростей і, відповідно, низька ефективність санітарної водоростневої плантації [18].

3 УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД ВАТ «ІНТЕРПАЙП НТЗ»

ВАТ «Інтерпайп нижньодніпровський трубопрокатний завод» найстаріше металургійне підприємство розташоване в межах м. Дніпро у його північно-східній частині на лівому березі Дніпра.

Підприємство засноване німецьким промисловцем Бернардом Гантке. В 1891 р. акціонерне товариство Б. Гантке скупило частину Брянського заводу біля станції Горянново і заснувало цвяховий завод.

У 1909 р. Б. Гантке перебазував його на лівобережжі Дніпра, де скупив за безцінь територію розорених кризою Франко-російських майстерень. Підприємство отримало назву «Катеринославський завод товариства російської залізної промисловості». Основною його продукцією стали цвяхи, дроти, болти, милиці, ковані волонні частини, що застосовуються на залізничному транспорті. В той час завод займав територію не багатьом більше 10 гектарів. На цій площі розміщувалися такі цехи: дротяний з травильним і оцинкованим відділеннями, пресової, цвяховий, костильний, ковальсько-штампувальний та інші.

У 1922 р. заводу було присвоєно ім'я німецького революціонера Карла Лібкнехта. 8 серпня 1929 р. прийнято постанову «Про роботу «Південьсталі». Генеральним планом розвитку передбачалося побудувати нові цехи: мартенівський, балонний, новий трубопрокатний, перший в країні колесопркатний цех по виробництву суцільнокатаних коліс для залізничного транспорту. Підлягав докорінній реконструкції старий трубний цех.

Нині завод є одним з найбільших металургійних підприємств України. Він випускає більше 1200 типорозмірів труб, 25 типорозмірів коліс, кільця та бандажі, в тому числі: шарикопідшипникові, високоміцні, обсадні і нафтопровідні, безшовні труби, тонкостінні електрозварні труби малого діаметра, а також суцільнокатані залізничні колеса.

3.1 Коротка характеристика прокатних цехів № 3, 4, 5 ВАТ «Інтерпайп НТЗ»

Трубопрокатний цех № 3. Підготовка металу до прокату. Для прокату труб використовуються заготовки діаметром 105-203 мм. Заготовку, що надійшла до цеху, розвантажують краном та вкладають на полиці пресу ламання або в кармани. В кармани по пакетно складаються залишки від розкрою заготовки в один ряд вертикально з можливістю розміщення пакетів у декілька рядів горизонтально. Заготовка транспортується до завантажувального пристрою у кільцеву піч. Посадка трубної заготовки у кільцевій печі здійснюється за порядком плавлення.

Нагрів заготовок у кільцевих печах. Нагрів заготовок перед прошивкою здійснюється в одній або двох однотипних кільцевих печах, що опалюються природним газом. Максимальна довжина заготовок, що загрузаються до печі, при однорядній посадці – 3700 мм. У два ряди завантажувати піч дозволяється заготовками довжиною не більше 1700 мм. Після завантаження у піч заготовки нагріваються за наступними вимогами: тиск газу в газопроводі біля печі – 4,4-5,4 МПа; факел на пальнику не повинен відхилятися до черені; тиск повітря вентилятора – 5,9-6,9 МПа; рівень води у гідрозатворах повинен бути не нижче 30 мм від краю жолоба; в районі печей і на печах повинна бути чистота.

Центрівка заготовки. Після видачі із печі заготовку передають до пневматичного пристрою – «зацентрувальнику» – для нанесення центрувального поглиблення на торці заготовки у гарячому стані. Конструкція зацентрувальника передбачає збіг вісі заготовки з віссю бойка в момент удару, що перевіряється та регулюється під час ремонтів обладнання. Зміщення вісі допускається на величину не більше 1 мм.

Тиск у ресивері регулюється в залежності від марки сталі та діаметра заготовки і повинний знаходитись у межах 1,5-2,0 МПа, при цьому глибина лунки повинна бути у межах 20-25 мм. Діаметр лунки на торці заготовки

повинен бути більше діаметра носика оправки. Далі заготовка передається на прошивний стан.

Прошивка заготовок. Прошивка заготовок здійснюється у чашоподібних валках з постійним кутом розкату 7° . Кут вхідного конусу по відношенню до осі прошивки та осі валка $3^\circ 30'$. Кут вихідного конусу по відношенню до осі прошивки $4^\circ 30'$, а по відношенню до осі валків $11^\circ 30'$. Довжина вхідного конусу – 360 мм, а довжина вихідного – 240 мм. Діаметр валків у перетиску – 1035-1100 мм. На прошивці застосовують незмінні оправки, які безперервно охолоджуються водою під тиском. Зовнішнє охолодження оправки виконується під час перерв між закінченням прошивки однієї заготовки та подачею наступної.

Прокатка гільз у розкатному стані. Подання гільз з оправкою у валки розкатного стану повинно відбуватися обережно, без ударів. Після розкатки гільз, трубу з оправкою без затримок передають до оправковитягувача. Технічна характеристика оправковитягувача: діаметр оправки – 35-183 мм; довжина оправки – 10,5 м; довжина вильоту оправки з труби – не менше 1300 мм; максимальна маса оправки – 2200 кг; діаметр труб – 70-203 мм; товщина стінки труб – 7-50 мм; довжина труб – 4-9 м; максимальна маса труб – 1300 кг; максимальне зусилля – 28000 кг·с; зусилля витягання при встановленому русі – 10000 кгс; швидкість витягання – 1-2,5 м/с; швидкість перед захватом – 1-1,2 м/с; продуктивність – 240 шт/год.; потужність електродвигуна – 180 кВт.

Усі труби після оправковитягувача без затримок направляють у піч проміжного нагріву з крокуючими балками або до калібрувального стану.

Нагрів труб у печі з крокуючими балками (ПКБ). ПКБ призначена для підігріву та вирівнювання температури прокатних труб перед поданням їх до калібрувального стану. Посадка і видача труб здійснюється пічними рольгангами. Кантування труб від рольганга посадки до рольганга видачі вздовж печі відбувається за допомогою рухомих крокуючих водоохолоджувальних балок автоматично та дистанційно.

Основні розміри ПКБ: довжина робочого простору печі – 6844 мм; ширина робочого простору печі – 10002 мм; корисна площа черені – 60 м²; ємність печі (у трубах) – 20 шт.; продуктивність печі – 20-100 шт/год..

Розміри труб, які нагрівають: діаметр – 76-203 мм; товщина стінки – 7,3-50 мм; довжина – 4,0-9,0 м.

Опалення печі відбувається природним газом за допомогою комбінованих пальників низького тиску у кількості 14 штук, продуктивністю 25-60 м³/год. (235-560 кВт).

Калібрування труб. Після витягнення оправки труби без затримок передаються на трьохвалковий калібрувальний стан. Трьохвалкова кліть калібрувального стану з кришкою, що знімається, оснащена барабанами, поворот яких навколо повздовжньої осі забезпечує зміну кутів подачі валків. Робочі валки через подушку жорстко закріплені у барабанах із фіксуєчим положенням кута розкатки.

Зміна розчину валків здійснюється переміщенням барабанів за допомогою механізмів, які складаються з одного натискного гвинта на кожний барабан та одного приводу, що встановлений на станині кліті. Механізми забезпечують тільки індивідуальне налаштування валка.

Охолодження труб. Після калібрувального стану труби охолоджуються на ланцюговому холодильнику, який оснащений пристроєм для примусового охолодження труб вентиляторним повітрям. Холодна правка труб здійснюється на двох косо-валкових машинах для правки.

Після термічної обробки та охолодження труби подаються на проміжний склад. Тут від них відрізають контрольні зразки для випробувань в лабораторіях. Потім здійснюють первинний огляд труб на столах ВТК (відділ технічного контролю). Після огляду труби обточують на шестибезцентрово-токарих верстатах. Потім труби подаються для перевірки якості розбракування на інжекційний стіл остаточної прийомки. Далі труби передають на склад готової продукції для відправки споживачу.

Трубопрокатний цех № 4. Пущений в експлуатацію в 1968 році, оснащений пілігримовим станом «5-12». Виробляє в основному труби нафтового сортаменту, котельні труби розмірами \varnothing 114-350 мм з товщиною стінки 6-60 мм.

Технологія виробництва труб у ТПЦ № 4 складається з наступних послідовних операцій, які виконуються на відповідних дільницях цеху:

1. Склад злитків: складування злитків за розміром, маркою сталі, плавками; підготовка злитків до прокату, вхідний контроль.

2. Кільцеві печі: нагрів злитків; видалення окалини на установці для гідрозмиву окалини.

3. Дільниця гарячого прокату: прошивка злитків на горизонтальному гідравлічному пресі; підігрів стаканів у кільцевій печі № 3; розкатка стаканів на стані-елонгаторі; видувка окалини з гільзи; прокатка труб на пільгер-стані.

4. Дільниця гарячої обробки: підігрів труб у печі із балками, які знаходяться на певній відстані одна від одної; калібрування труб у 12-клітьовому калібрувальному стані; охолодження труб на холодильнику; правка труб.

5. Дільниця холодної обробки: видувка окалини; огляд труб на дільниці первинного контролю; клеймування труб; обрізка кінців; передача труб для проходження обробних операцій.

6. Обробні операції: термічна обробка; вирізка патрубків для виготовлення зразків для проведення дослідів у ЦДЛ (Центральна дослідницька лабораторія); проведення випробувань у ЦДЛ; попередній огляд труб; ремонт труб; правка труб; обрізка труб; дефектоскопія; заключна здача.

Трубопрокатний цех № 5. Технологічний процес виробництва труб має ряд послідовних операцій. Основними є: підготовка металу до прокатки, нагрів заготовок у кільцевій печі; зацентрівка заготовок у гарячому стані; послідовна прошивка та прокатка чорнових труб у прошивному стані, стані тандем та обкатному стані; заключна прокатка частини сортаменту труб (з великим діаметром) у калібрувальному стані, а труб малого діаметра – у редуційному

стані з попереднім підігрівом труб перед редукуванням; охолодження; обробка; прийом та здача гожих труб на склад готової продукції.

Заготівка доставляється на завод у вигляді штанг довжиною до 12,5 м у пакетах однієї марки сталі, плавки та розміру. Доставлена до цеху заготівка розвантажується краном у штабеля та піддається вхідному контролю якості. Гожі заготівки передають на дільницю різки на мірні довжини. Розкрій штанг здійснюється різкою на прес-ножицях або ломкою на пресі. Перед ломкою штанги на пресі у місці злому робиться плазмовий надріз глибиною не менше 10 мм. Перед розкромом штанги заготівки марок сталі 35, 45 та інших з межею міцності більше 490 МПа, а також заготівки усіх діаметрів та марок сталі, які мають вогневу зачистку дефектів або розтріскуються у процесі різки на ножицях, піддається підігріву у водяній ванні (температура води не нижче 80°C) протягом 5-7 хвилин. Гожа заготівка подається до кільцевої печі, де вона нагрівається до температури прошивки. Після нагріву заготівка піддається зацентрівці, яка основана у нанесенні лунки у центрі її переднього торця. З метою зниження різностінчатості передніх кінців гільз, що прошивають, та покращення умов вторинного захвату. Зацентрівка здійснюється пневматичним центрувачем на глибині не менше 10 мм з діаметром отвору 25-30 мм. Зацентрована заготівка подається на прошивний стан, де прошивається на короткій оправці у гільзу. Прошита гільза знімається зі стрижня та передається по рольгангу до стану тандем.

Нанесення змазки перед СПП-1 (стан поздовжньої прокатки труб) здійснюється механізмом інжекторного типу у кількості 10-35 г на трубу. Перед задачею труби у СПП-2 її кантують на кут 45-135°C за допомогою двох пар задавально-кантуючих роликів і секції рольганга. Розкатана труба по відповідному рольгангу передається до одного з двох розкатних станів.

Після обкатки труби підігріваються в індукційних печах для подальшого калібрування або редукування. Після безперервної безоправної прокатки труби охолоджуються та обробляються. Після прийомки труби здаються на склад готової продукції [19].

3.2 Аналіз системи зворотного водопостачання ВАТ «Інтерпайп НТЗ»

Для здійснення зворотного водопостачання на заводі є ряд водоочисних споруд, які включають в себе: первинні відстійники, градирні, насосні станції. Первинні відстійники існують в цехах для осадження крупної окалини. З первинних відстійників вода потрапляє на вторинні горизонтальні відстійники, на яких відбувається очищення води від окалини і нафтопродуктів (окалина опускається на дно, нафтопродукти спливають). Після очищення у відстійнику окалина вивозиться на подальшу переробку, а нафтопродукти уловлюються спеціальними маслоуловлювачами, збираються і спалюються в котельнях заводу. Деяка частина масел разом з дрібною окалиною осідають в шлак, який видаляється періодично, під час чистки відстійників від окалини.

У прокатному цеху основна маса води витрачається на охолодження валків і підшипників щоб уникнути надмірного їх нагрівання при постійному зіткненні з розжареним металом; валяння поливають водою з розташованих над ними дірчастих труб або жолобів. Найбільш відповідальне охолодження підшипників з текстоліту або лигностона, на яких передається основне навантаження валків при плющенні металу; вода служить одночасно мастилом підшипників, тому у ній не повинно бути механічних домішок [20].

Вода, що поливається на валяння, охолоджує їх і змиває окалину, що обсіпається з прокатного металу. Стічна вода поступає під кліть в канал. Основну масу окалини від багатьох крупних станів можна видаляти у вагонетках, що встановлюються під воронками, через які зсипається окалина. На більшості сучасних станів окалину, що зсипається під стан, транспортують водою до цехових відстійних ям; для транспортування окалини витрачається вода, використовувана послідовно або повторно (іноді після охолодження печей).

З відстійних ям крупну окалину вивантажують краном грейфера на залізничні платформи. Вода витрачається на змив і транспортування окалини безперервно. Після цехових (первинних) відстійників воду додатково

очищують від дрібної окалини і масла у вторинних відстійниках і потім подають на повторне використання.

Вода в прокатних цехах витрачається також на охолодження масла і повітря (для крупних електродвигунів) в закритих трубчастих холодильниках. Бажано, щоб температура води, що охолоджує, була не вища 25°C. В деяких випадках вода йде ще на зволоження повітря, що подається в машинне відділення або цех. Для цієї мети використовують воду, що володіє якостями питної води. Водою охолоджуються багато допоміжних механізмів – пили, ножиці і т. п., а також інструменти.

Режим витрачання води на прокатних станах і її кількість вельми різні зважаючи на різноманітність станів, а також з огляду на те, що на одному і тому ж стані можуть прокатуватися різні сорти і профілі металу.

У деяких прокатних цехах є відділення обробки металу кислотою, де вода витрачається для приготування розчину кислоти (травильні ванни), що періодично замінюється у міру зменшення його концентрації (з 20 до 3-5 %), для приготування вапняного розчину, що також замінюється періодично, і для промивки металу.

Стоки від промивки металу поступають на нейтралізацію вапном і освітлення; сюди ж поступає і вапняна вода. Нейтралізовані і освітлені стічні води від промивки металу зазвичай використовуються на ті ж цілі з пристроєм самостійного циклу оборотного водопостачання.

Зразкове середнє споживання води (у м³ на 1 т прокату) для нагрівальних колодязів, печей і прокатних станів (включаючи гідравлічне видалення окалини) складає: крупний сорт і товарні заготовки – 25, прокат сортовий різний – до 53, прокат гарячий листовий – 40, прокат дрібно сортовий – 63, прокат дротяний – 76, труби катані – від 20 до 90. Коефіцієнт годинної нерівномірності витрати води на прокатні стани коливається в межах від 1,15 до 1,5.

Водопостачання прокатних цехів зворотне, зазвичай з роздільною (по різних трубах) подачею води: до нагрівальних печей – чистої води, до прокатних станів – забрудненої води (рис.3.1).

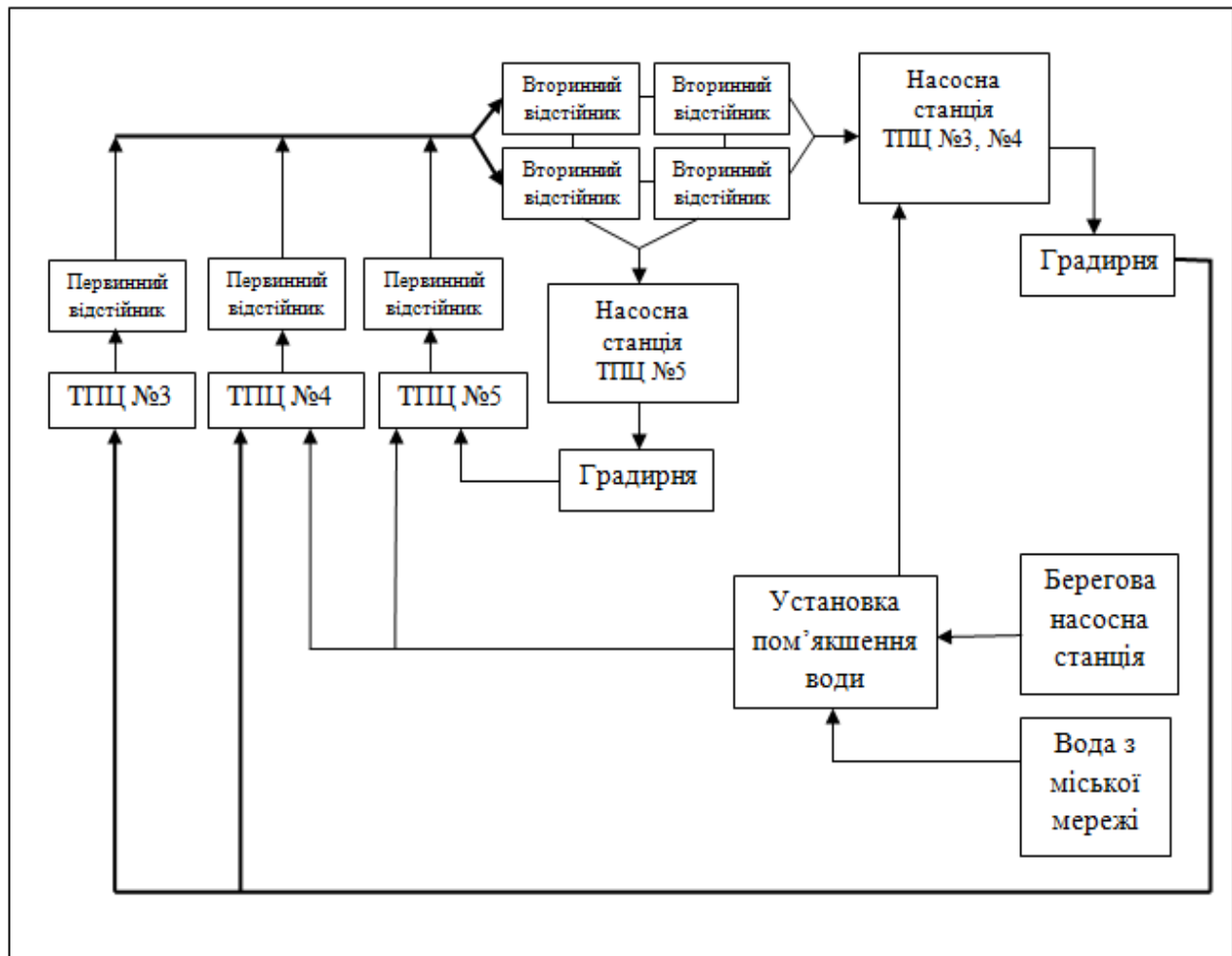


Рисунок 3.1 – Зворотне водопостачання прокатних цехів

У прокатних цехах основна увага повинна бути обернена на забезпечення безперебійності надходження води до нагрівальних печей. Вода протікає тут по черевих або подових трубах, по яких безперервно пересуваються злитки сталі, що нагріваються перед плющенням. У разі припинення надходження води до нагрівальних печей через нетривалий час (як тільки випарується вода, що залишилася в трубах) подові і череві труби згорають, і просування сталевих злитків в печі припиняється.

В результаті порушується весь цикл плющення металу, а нагрівальні печі вимагають ремонту. З метою підвищення надійності водопостачання нагрівальних колодязів і печей створюється запас води, що зберігається у водонапірній башті і забезпечує живлення системи водою протягом 20-30 хв.

Припинення подачі води до прокатних станів також неприпустимо, хоча воно і не представляє тут такої небезпеки, як для нагрівальних печей. У разі припинення надходження води прокатні стани повинні бути зупинені щоб уникнути псування підшипників і валків; допустимо лише короткочасне зниження подачі води на 25-30 % [20]. Усього на заводі існує 3 умовно «брудних» оборотних цикли і 7 умовно «чистих» циклів.

До вод умовно «чистих» відносять води, які в процесі виробництва не дотикаються з забрудненими поверхнями, а приймають участь в технології у закритих трубопроводах в якості теплоносія. Ці води можна безпосередньо скидати у водоймище, але в цілях економії вони включені в оборотний цикл за схемою (рис.3.2).

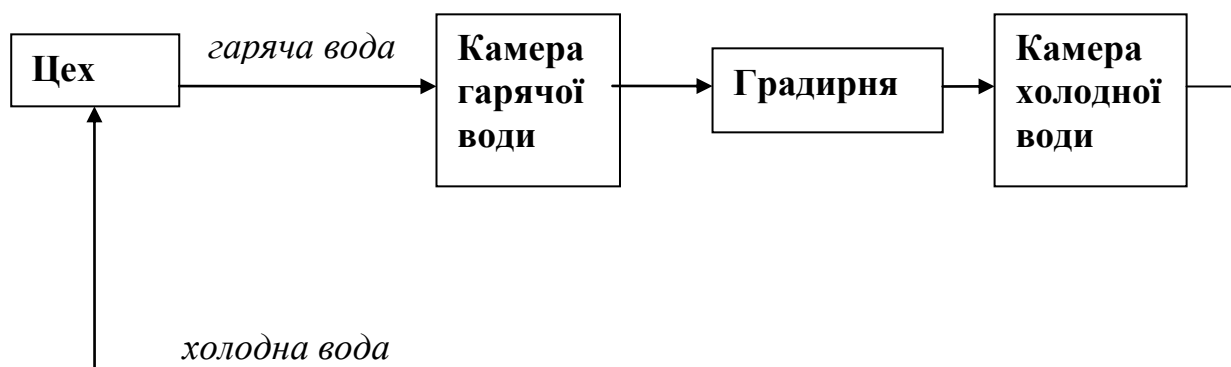


Рисунок 3.2 – Схема умовно «чистих» вод

До вод умовно «брудних» відносяться води, які дотикаються в процесі виробництва з обладнанням, яке забруднює воду і потрапляє на гідрозбив окалини в результаті чого забруднюються зваженими часточками і нафтопродуктами. Такі води проходять очистку на водоочисних спорудах оборотних циклів.

Очистка води відбувається за наступною схемою (рис.3.3).

Таким чином здійснюється зворотне водопостачання.

Усього на заводі: первинних відстійників – 11 штук; вторинних відстійників – 7 штук, які включають до себе 63 секції; озеро-освітлювач; нейтралізаційних установок – 2 штуки.

Ефективність роботи відстійників контролюється за нафтопродуктами і зваженими речовинами.

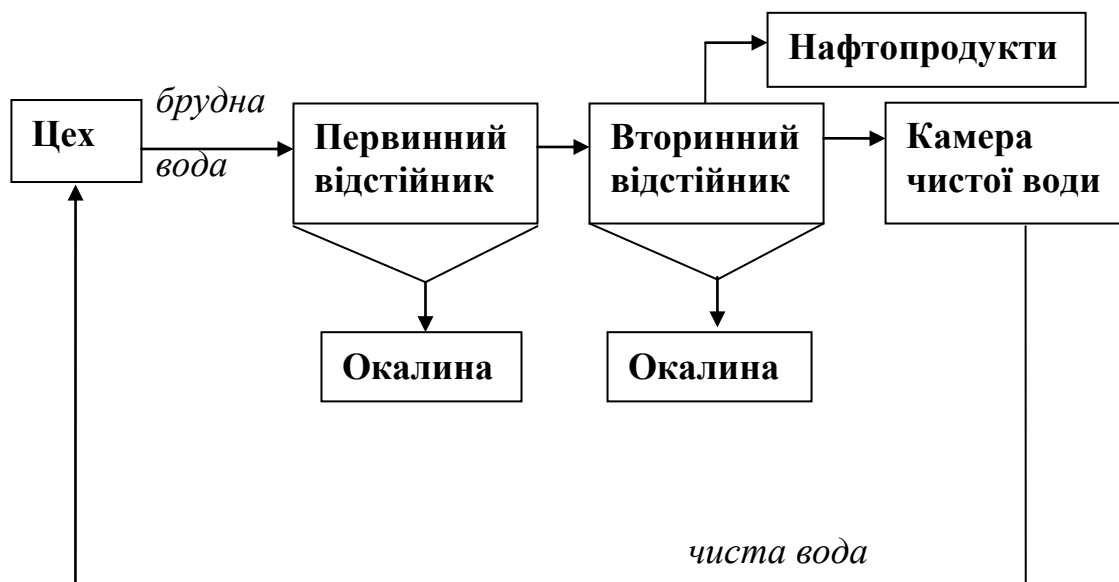


Рисунок 3.3 – Очистка умовно «брудних» вод

Втрати води при зворотному водопостачанні – це 3 %, тобто природні втрати від упарювання, випаровування, і розбризкування на градирнях. Втрати води заповнюються Дніпровською водою, а переливи і продувочні води із оборотних циклів у кількості 79 тис. м³ викидаються у річку Дніпро.

Для систематичного контролю за викидом у річку Дніпро на заводі існує лабораторія охорони навколишнього середовища.

Хімічний контроль ведеться щоденно за 15 інгредієнтами: нафтопродукти, зважені речовини, залізо, азот амонійний, рН, лужність, жорсткість, хлориди, сульфати, нітриди, нітрати, фосфати і один раз на тиждень за 5 інгредієнтами: сульфати, сухий залишок, біохімічне споживання кисню, азот амонію, ХСК (біхроматне окиснення).

Таблиця 3.1 – Характеристика забруднюючих речовин, що містяться у стічній воді зворотного водопостачання прокатного виробництва ВАТ «Інтерпайп НТЗ»

№ з/п	Категорія скидів	Зворотний цикл НС ТПЦ № 3, № 4 (для ТПЦ № 3)		Зворотний цикл НС ТПЦ № 3, № 4 (для ТПЦ № 4)		Зворотний цикл НС ТПЦ № 5 (для ТПЦ № 5)		Скид у р. Дніпро
		«чистий»	«брудний»	«чистий»	«брудний»	«чистий»	«брудний»	
1	Солі, мг/л	430-501	404-540	340-490	386-540	294-488	319-470	363-566
2	Хлориди, мг/л	40-76	38-74	28-74	32-89	25-55	23-66	32-89
3	Нафтопродукти, мг/л	2,4-10,4	5,5-20	4,8-18	6,4-24	3,6-19	8,6-35,3	2,6-6,8
4	Залізо, мг/л	0,5-0,8	0,5-0,8	0,5-0,7	0,5-1,0	0,5-1,0	0,5-1,0	0,4-2,1
5	Зважені речовини, мг/л	17-67	14-81	11-44	18-79	12-64	13-92	3-34
6	Жорсткі речовини, мг-екв/л	3,8-4,4	3,6-4,6	3,6-4,5	3,6-4,5	3,7-5,5	3,8-5,4	4,1-6,2
7	Лужні речовини, мг-екв/л	2,7-3,8	2,3-3,9	2,5-3,9	2,7-4,2	2,7-3,5	2,8-3,7	2,7-3,9

Норми викиду шкідливих речовин (ГДК) у водоймище: нафтопродукти – 0,05 мг/л; залізо – 0,1 мг/л; зважені речовини – 5,75 мг/л; РН – 6,5 – 8,5; сухий залишок – 100 г/л; азот амонію – 0,5 мг/л; сульфати – 350 мг/л; хлориди – 100 мг/л; БСК – 3 мг/л.

Стокові води заводу перевищують ГДК шкідливих речовин по нафтопродуктам, зваженим речовинам, залізу і БСК. Контроль додержання кислотності стоків, які викидаються, веде лабораторія по рН.

3.3 Пропозиції щодо використання *Fucus vesiculosus* у складі біоплато для очищення стічних вод від нафтопродуктів

Нині у світі починається розвиток і використання альтернативних, маломасштабних, екологічно та економічно прийнятних технологій очищення стічних вод.

Найбільш перспективним і економічно вигідним є використання біоінженерних споруд з вищою водною і вологолюбною рослинністю, принцип роботи яких заснований на природних біологічних процесах, що протікають в гідро екосистемі.

У біоінженерних спорудах активізовані процеси самоочищення за рахунок природної здатності ряду живих організмів і рослин поглинати, розкладати і переробляти забруднюючі речовини. Очищення від забруднень відбувається за рахунок самоочищення в процесі кругообігу води, виносу біогенних і забруднюючих речовин та трансформації їх мікроорганізмами і рослинами. Біоінженерні споруди використовують здебільшого на територіях, де природно-кліматичні умови та екологічні фактори забезпечують оптимальні умови для проростання водних рослин. Їх застосовують як самостійний водоочисний об'єкт, в системі споруд природного біологічного очищення або в комплексі з індустріальними спорудами.

Перевагами біоінженерних споруд перед традиційними методами очищення є:

- для розміщення і будівництва даних споруд можна використовувати землі, які не придатні для іншого використання – колишні звалища, пустирі, балки, заболочені місця, складові частини рельєфу тощо;
- капітальні витрати – становлять 1400-2500 грн./м³ стоку;
- експлуатаційні витрати мінімальні – 300-800 грн./міс.;
- експлуатація не потребує витрат електроенергії, хімреактивів та ін.;
- строк роботи споруд без капітального ремонту сягає 30 років і більше, так як це – самовідновлююча система;

- в період експлуатації споруд нагляд за ними може виконувати 1 працівник з середнім рівнем кваліфікації;
- термін введення в дію біоінженерних споруд через 2-4 місяці з початку будівництва.

Одним із ефективних та екологічно чистих методів очищення стічних вод є метод біоплато із застосуванням вищої водної рослинності (ВВР). Біоплато – це біоінженерна споруда, яка у світовій практиці має назву *constructed wetlands*, являє собою мілководну територію довільної конфігурації з заростями вищої водної рослинності, створену в існуючих пониженнях рельєфу або на спеціально обладнаних майданчиках.

Водні рослини в водоймах виконують наступні основні функції:

- фільтраційну (сприяють осіданню завислих речовин);
- поглинальну (поглинання біогенних елементів і деяких органічних речовин);
- накопичувачу (здатність нагромаджувати деякі метали і важко розкладаючі органічні речовини);
- окислювальну (в процесі фотосинтезу вода збагачується киснем);
- детоксикаційну (рослини здатні накопичувати токсичні речовини і перетворювати їх в не токсичні).

Основним недоліком фітотехнологій є потреба у значних територіях в порівнянні із спорудженнями механічного і хіміко-біологічного очищення, які, як правило, розміщуються на невеликих майданчиках. В осінньо-зимовий період ефективність роботи біоплато дещо знижується, але якість очистки не погіршується вище ГДК для випуску очищеної води у природні водойми.

Технологія біоплато – це технологія очищення стічних вод, яка практично не вимагає витрат на енергопостачання, придбання реагентів, технологічне обслуговування, оскільки базується на використанні природних механізмів самоочищення. Ця технологія використовує процеси седиментації, фільтрації та природного самоочищення водних об'єктів, заснованого на здатності вищої

водної рослинності, водної мікрофлори і мікроорганізмів здійснювати деструкцію, трансформацію та акумуляцію органічних, мінеральних і зважених речовин, нафтопродуктів, іонів важких металів і бактеріального забруднення.

Аналіз літературних даних показує, що в системі біоплато відбуваються складні механізми видалення забруднювачів зі стічних вод. В цій складній системі (рослини - мікроорганізми - завантаження) відбуваються аеробні і анаеробні біологічні процеси, що супроводжуються фільтрацією, адсорбцією, осадженням, поглинанням і трансформацією рослинами біогенних елементів та інших з'єднань.

Процес подання води на очистку здійснюється знизу доверху. Таким чином, забруднюючі речовини, що містяться у водах, які направляють на доочистку, видаляються більш ефективно за рахунок того, що відбувається тільки аеробна очистка води, оскільки вихідна вода попередньо насичена киснем, а у верхньому шарі завантаження біоплато відбувається насичення води киснем за рахунок створення аерації.

Для функціонування біоплато в корпусі розміщують шар завантаження, який складається із прошарків матеріалу з різним розміром часток та прошарку теплоізоляційного волокнистого матеріалу. Як матеріал використовують щебінь, гравій або керамзит.

Розмір біоплато у плані визначають, враховуючи наступні показники: кількість води, яка поступає на очистку та кількість забруднюючих речовин, які містяться у цій воді.

Здійснення відведення очищеної води з біоплато на позначці, що на 10-15 см нижча за позначку входу води на споруду, дозволяє конструктивно підтримувати рівень води у біоплато. Це запобігає пересиханню біоплато у періоди відсутності опадів при очистці поверхневого стоку.

У даний час набули поширення різні конструкції біоплато: фільтраційні, поверхневі і наплавні. В геологічних і ландшафтних умовах України доцільне застосування комбінованого типу біоплато – поверхнево-фільтраційного. Як фільтруючий матеріал може використовуватися пісок (місцевий

середньозернистий), гравій, керамзит тощо. Фільтрацію рідини, що очищається, можна спрямувати як у вертикальному, так і в горизонтальному напрямках. Якщо рідина рухається в горизонтальному напрямку, проходячи через густі зарості вищої водної рослинності, то в цьому випадку очистка основана на ефекті відстоювання та біохімічній очистці під дією вищої водної рослинності, а також макрофітів мікроорганізмів біоплівки, які знаходяться на їх стеблах.

Велику ефективність мають біоплато з вертикальним рухом води, де стоки, які очищаються, рухаються через фільтруючу загрузку і ризосферу рослин, яка знаходиться в ній. В процесі проходження води через шар фільтруючого матеріалу під впливом ферментів мікроорганізмів органічні речовини, які знаходяться у воді, засвоюються корінням водних рослин. Поглинаюча поверхня коріння в 10-15 раз більша площі, яка зайнята рослинами, а поглинаюча здатність їх в 5-8 раз вища, ніж у водно-повітряній частині рослин.

У фільтраційних біоплато на поверхнях фільтрів висаджуються вищі водні рослини, характерні для даної місцевості, а саме: очерет, рогіз, осока та ін. Таких фітонасичених споруд повинно бути, як правило, не менше двох. Очищення стічних вод в біоплато забезпечується життєдіяльністю макрофітів, водоростей, а також іммобілізованого бактеріального середовища, розташованого як на поверхні ВВР, так і в фільтруючому шарі.

Поверхневий блок біоплато створюється для доочищення стічних вод і є спорудою з вільним натиском води в горизонтальному напрямку через середовище ВВР, висаджених у рослинний ґрунт. Доочищення води забезпечується гідробіонтами, що формуються в біоценозі вищих водних рослин. Ступінь очищення стічних вод на спорудах біоплато досягає 90-95 % від загальної кількості домішок.

Завдяки штучно створеному природному механізму самоочищення в біоплато одночасно видаляються такі забруднюючі речовини, як азотні і фосфорні сполуки, жири та нафтопродукти, сполуки металів та їхніх солей. Патогенні сполуки видаляються на біоплато при проходженні води через

систему за рахунок комплексу фізичних, хімічних і біологічних факторів. Фізичні фактори включають опромінення природним ультрафіолетом, механічну фільтрацію і седиментацію; хімічні фактори – дію кисню, вплив фітонцидів, що виробляються деякими рослинами. Механізми біологічного видалення шкідливих органічних сполук включають бактеріальний антагонізм, поїдання найпростішими, а також природне відмирання.

Також слід відмітити, що можливі одно-, дво- і багатосекційні (до семи послідовних ставків) варіанти біоплато. Збільшення числа секцій робить спорудження більш складним і дорогим, але збільшує його ефективність. Велике число секцій застосовується при дуже сильному початковому забрудненні; необхідності глибокого очищення вод (зниження концентрації основних забруднювачів більш ніж на 90 %); необхідності первинного або вторинного накопичення води.

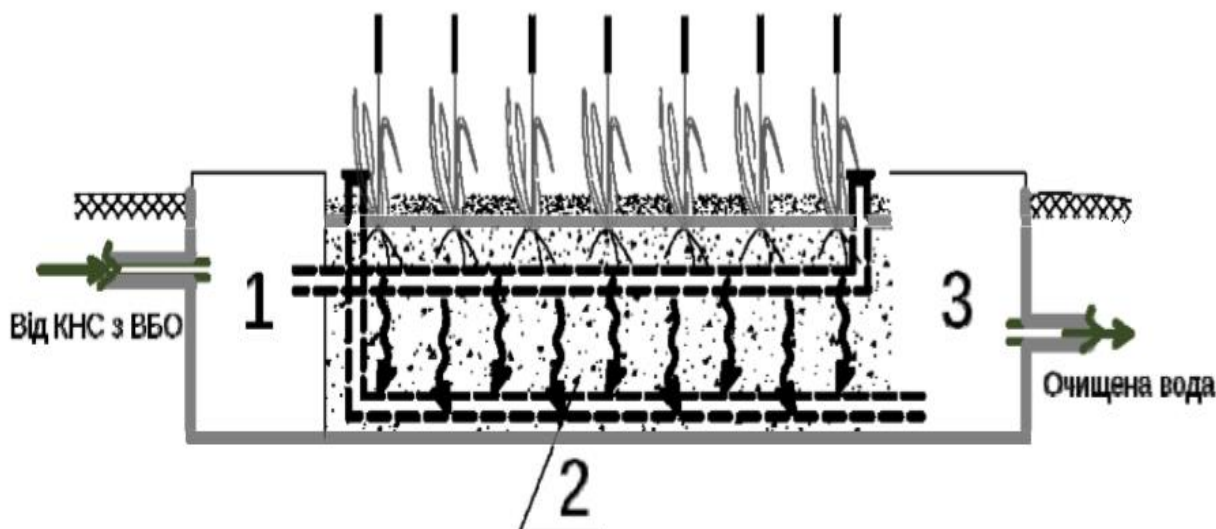
При експлуатації біоплато обов'язкове його обслуговування: для підвищення ефективності очистки ВВР періодично скошується (приблизно 1 раз в місяць) і знаходиться у стадії активного росту на протязі вегетативного періоду.

Основним недоліком фітотехнологій є потреба в значних територіях в порівнянні із спорудженнями механічного і хіміко-біологічного очищення, які, як правило, розміщуються на невеликих майданчиках. В осінньо-зимовий період ефективність роботи біоплато дещо знижується, але якість очистки не погіршується вище ГДК для випуску очищеної води у природні водойми [21].

Гідрофітні споруди з ВВР широко використовують і в Україні, переважно, це інженерно-біологічної споруди на основі закритого біоплато гідропонного типу. В Україні фахівцями науково-інженерного центру «Потенціал-4» разом із співробітниками Інституту гідробіології НАН України запропоновано різні типи інженерно-біологічних споруд на основі закритого біоплато гідропонного типу, що знайшли широкого застосування в різних галузях виробництва для очищення та доочищення стічних вод.

Класична схема закритого біоплато гідропонного типу показана на рис.

3.4.



1 – розподільчий колодязь, 2 – закрите біоплато гідропонного типу з вищою водною рослинністю та препаратом-біодеструктором, 3 – контрольний колодязь для відбору проб

Рисунок 3.4 – Типова схематична конструкція закритого біоплато гідропонного типу

В основу технології закритого біоплато гідропонного типу покладено використання як природніх процесів самоочищення, властивих водним та околководним екосистемам, так і управління цими процесами на основі розрахунків, що базуються на обліку зовнішніх чинників (температури води і повітря, рН і Eh середовища, періоду року, гідравлічного навантаження на споруди, початкової концентрації розчиненого у воді кисню і забруднюючих речовин), а також технологічних параметрів біоплато (площі та матеріалу ефективних поверхонь як субстрату прикріплення для різноманітних водних організмів – бактерій, актиноміцетів, грибів, найпростіших і одноклітинних водоростей, ракоподібних, черв'яків, комах; внесення в період запуску біопрепаратів з селективно підібраними гідробіонтами-біодеструкторами).

Найбільш важливими характеристиками штучно сформованого біоценозу макрофітів і мікроорганізмів в біоплато є загальна площа біоплато, яку

займають рослини, їх видовий склад і чисельність на 1 м²; час контакту потоку води з біоценозом, режим експлуатації біоплато.

Високий очисний ефект ВВР досягається там, де вода протікає через співтовариство напівзанурених, плаваючих та занурених у воду рослин.

При виборі ВВР для використання її в подальшому, необхідно враховувати властивості очищення води від існуючих забруднювачів, присутніх у стоках, і умов їх зростання. Необхідно використовувати занурену у воду рослину, що не вимагає для свого росту і розвитку ґрунт. Ці умови виконуються для того, щоб здійснювалось очищення води від розчинених у ній забруднювачів, і не відбувалося забруднення завислими речовинами [22].

На основі проведеного вище аналізу ефективності використання *Fucus vesiculosus* для очистки стічних вод від нафтового забруднення пропонується використати ці водорості у складі біоплато. А типові рослини, що використовуються у біоплато для вловлювання нафтопродуктів частково замінити на *F. vesiculosus* (рис. 3.5).

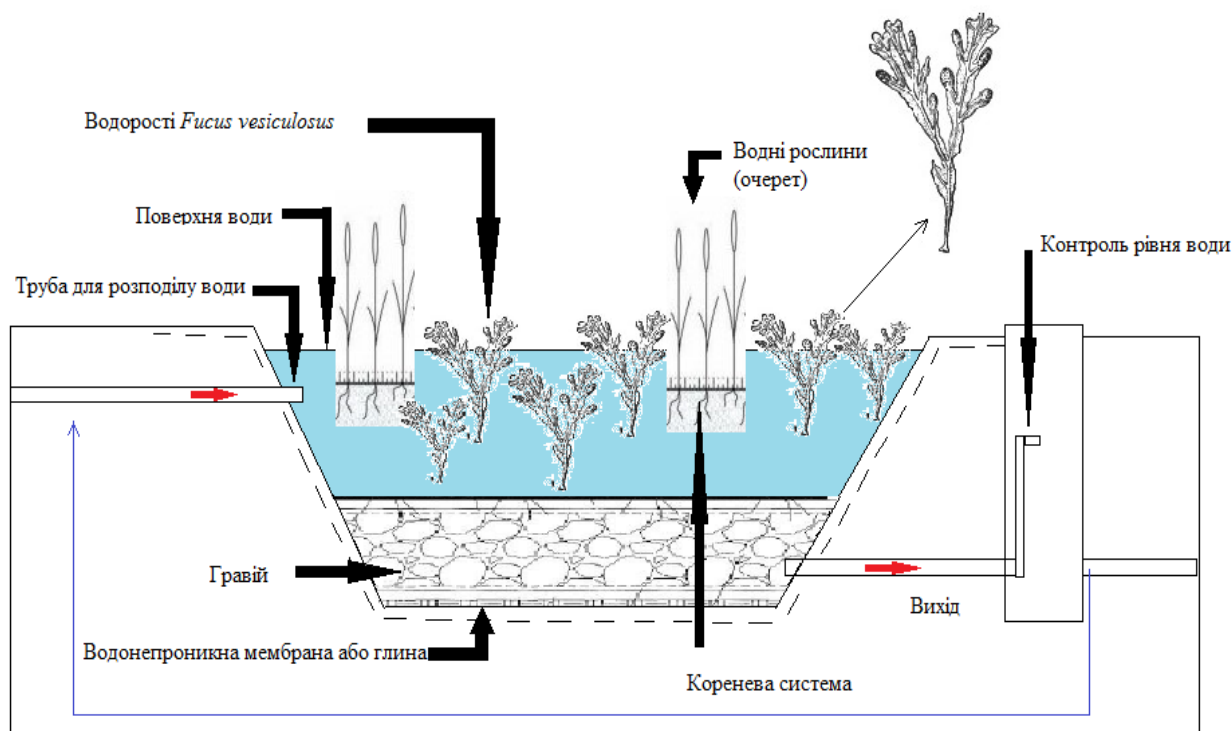


Рисунок 3.5 – Схема біоплато із використанням водоростей *Fucus vesiculosus*

Це біоплато пропонується встановити після очистки стічних вод у вторинному відстійнику (рис. 3.6).

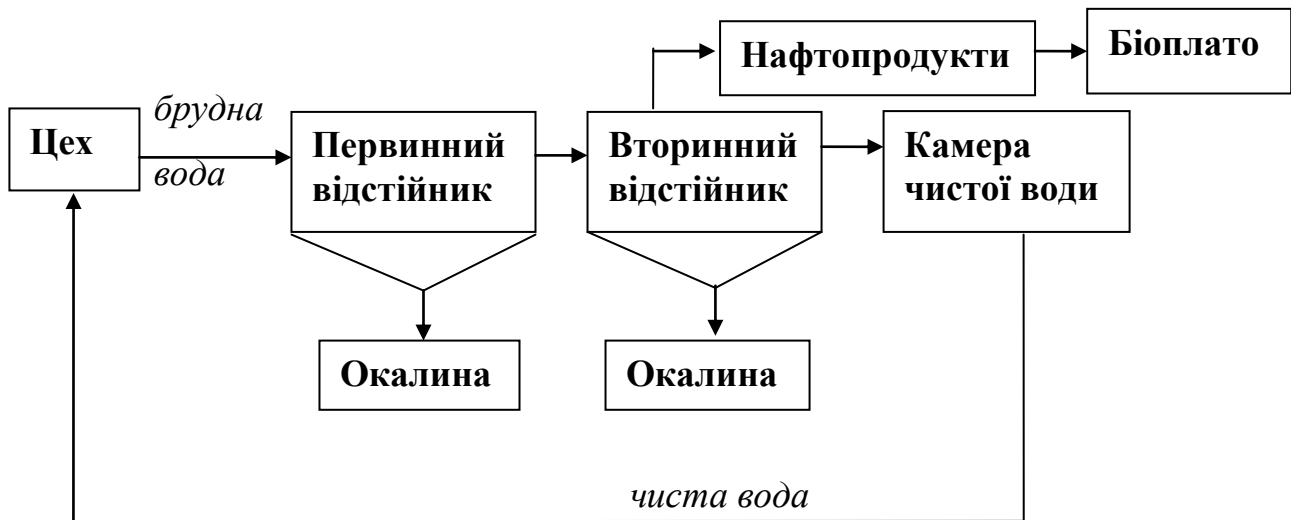


Рисунок 3.6 – Схема очистки стічних вод із використанням біоплато

Ефективність очистки при використанні *F. vesiculosus* складає 50-60 %. Причому найбільша ступінь очистки спостерігається після 24 годин при масі водоростей 12-20 г/л.

Попередньо встановлено, що перед тим як стічні води потрапляють у р. Дніпро, концентрація нафтопродуктів з даного підприємства складає 2,6-6,8 мг/л. Завдяки використанню такого біоплато, враховуючи, що його ефективність складає 60 %, концентрація нафтопродуктів знизиться до 1,04-2,7 мг/л.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПРАВИЛА БЕЗПЕКИ ПРИ ОЧИСТЦІ СТІЧНИХ ВОД

Основою законодавства України про охорону праці є Конституція України, яка гарантує громадянам України право на працю і безпеку праці, та система законодавчих актів України, спрямованих на реалізацію цього конституційного права.

Охорона праці – це система правових, економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів і засобів, направлених на збереження життя і здоров'я людини в процесі праці. Умови праці певною мірою визначаються наявністю небезпечних і шкідливих факторів та їх вагомістю.

4.1 Характеристика основних небезпечних виробничих факторів

Небезпечним є фактор, спроможний призвести до швидкого чи миттєвого погіршення стану здоров'я або ж смертельного випадку, а шкідливий – до професійного захворювання [23].

Обслуговуючий персонал повинен знати, що на території очисних споруд є ряд небезпечних факторів, до них відносяться:

- вибухонебезпечні середовища в каналізаційних колодязях;
- наявність в насосній станції і спорудах механізмів та електродвигунів;
- наявність глибоких резервуарів відкритого типу;
- велика кількість каналізаційних колодязів.

При обслуговуванні очисних споруд персонал піддається впливу наступним небезпечним і шкідливим виробничим факторам, які можуть призвести до травм або професійних захворювань:

- порушення параметрів мікроклімату робочої зони. До цих параметрів відноситься сукупність чотирьох чинників: температура повітря,

відносна вологість повітря, швидкість руху повітря, інтенсивність теплового випромінювання від нагрітих поверхонь;

- підвищений рівень виробничого шуму та вібрації;
- вплив шкідливих речовин при обслуговуванні очисних споруд та цеху обробки осаду;
- можливість травмування від рухомих частин машин і механізмів;
- можливість ураження електричним струмом при обслуговуванні електрообладнання;

Для нормалізації умов праці та запобігання виробничого травматизму, персонал очисних споруд повинен дотримуватися основних правил з техніки безпеки, володіти знаннями з охорони праці та проходити інструктажі [24].

Підприємство повинно мати системи водопостачання і каналізації. Мережі господарсько-питного водопостачання повинні бути відокремлені від тих, що подають технічну воду. Норми витрати води на господарсько-питні потреби у зміні складають 45 л на працівника в гарячих цехах і 25 л – у звичайних цехах. Каналізація ділиться на виробничу, господарсько-фекальну та зливову.

Територія підприємства повинна поділятися на зони: дозаводську, виробничу, підсобну і складську. Виробничі приміщення повинні мати віконні прорізи, ліхтарі для освітлення і ефективну вентиляцію. Стіни приміщень повинні відповідати вимогам шумо- і теплозахисту; мати покриття, що виключає можливість поглинання агресивних речовин. Розміри приміщень повинні відповідати таким вимогам: обсяг виробничих приміщень на кожного працюючого повинен складати 15 м³, а площа підлоги 4,5 м² [25].

4.2 Основні правила безпеки при очистці стічних вод в біоплато

При виконанні технологічного процесу очистки стічних вод обов'язковою умовою є суворе дотримання безпечних методів виконання робіт, дотримання протипожежних заходів і правил особистої гігієни праці.

До експлуатації споруд каналізації допускаються особи, які досягли 18 років, які пройшли медичний огляд, оформили трудову угоду і отримали інструктаж з ОП і ТБ.

Працівники, які обслуговують установку, допускаються до роботи тільки після проходження інструктажу з безпеки праці (вступного, первинного інструктажу на робочому місці, повторного, позапланового, цільового).

Робітники, що обслуговують очисні споруди, зобов'язані виконувати тільки ту роботу, яка визначена посадовою інструкцією, дотримуватися правил внутрішнього трудового розпорядку, знати правила користування засобами індивідуального захисту, вміти надати першу медичну допомогу при ураженні електричним струмом і при інших нещасних випадках.

Працівники, які пов'язані з виділенням шкідливих речовин повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту. Всі працівники забезпечуються спецодягом, спецвзуттям та індивідуальними засобами захисту. Після закінчення робіт обов'язково необхідно переодягнутися, ретельно вимити обличчя і руки теплою водою з милом (прийняти душ). Спецодяг та спецвзуття слід зберігати окремо від особистого одягу в спеціальних шафах.

При роботі оператори очисних споруд використовують засоби індивідуального захисту.

Роботи по експлуатації біоплато повинні включати в себе:

- проріджування водної рослинності вручну;
- посадку водної рослинності вручну;
- ремонт конструкцій, що огороджують;
- очищення і ремонт підвідних водовипусків.

Персонал з видалення водної рослинності з акваторії водойми повинен вміти плавати, користуватися засобами індивідуального захисту, працювати в спецодязі.

Особи, що промокли під час виконання робіт з видалення водної рослинності, при першій можливості повинні переодягтися в сухий одяг.

Персонал, який здійснює експлуатацію гравійних фільтрів, зобов'язаний:

- слідкувати за рівномірним розподілом стічної води по поверхні фільтруючого завантаження і швидкістю фільтрації;
- своєчасно проводити регенерацію або заміну фільтруючого завантаження.

Основними причинами, що порушують нормальну роботу очисної споруди, є:

- перевантаження, як за кількістю, так і за якістю стічної води, що надходить;
- весняні, осінні і зливові паводки, якщо споруда в цілому або окремі об'єкти, які знаходяться узоні, що заливається водами;
- недотримання термінів планово-попереджувального ремонту;
- порушення обслуговуючим персоналом технічної експлуатації та правил техніки безпеки;
- несвоєчасне видалення зі споруди відстоялих нафтопродуктів і опадів;
- перерва в електропостачанні для спорудження, що використовує обладнання, яке працює від електрики;

Мінімальна відстань від відкритих технічних водойм до виробничих споруд і резервуарів має бути 50 м, а висота огорожі 1,5 м.

На майданчику очисних споруд необхідно мати телефонний зв'язок або сигналізацію, що зв'язує з пожежною охороною підприємства.

При ремонтах будь-яких агрегатів слід знеструмити обладнання, прийняти необхідні заходи проти їх довільного пуску і вивісити застережні плакати.

4.3 Повітря робочої зони

Забезпечення нормальних умов праці, передусім, припускає комфортні санітарно-гігієнічні умови і виробничих приміщеннях і на робочих місцях.

Оптимальний мікроклімат у приміщенні має такі параметри: температура взимку/влітку – 20-22/20-25°C (побутові приміщення), 16-25°C (виробничі

приміщення); вологість взимку/влітку – 40-30/30-61 % (побутові приміщення), 30-60% (виробничі приміщення) ; швидкість руху повітря – 0.1-0.15/0.25 м/с (побутові приміщення), 0,2-0,7 м/с (виробничі приміщення) [26].

4.4 Виробниче освітлення

Всі робочі місця в цехах підприємства забезпечені як природним, так і штучним освітленням відповідно до чинних санітарних норм і правил. Освітленість у приміщеннях очищення стічних вод повинна складати 300 лк.

Крім робочого освітлення в залах насосних станцій передбачається аварійне освітлення від акумуляторних батарей з напругою не вище 12 В. У приміщеннях насосних станцій, які не мають акумуляторних батарей, як аварійне освітлення, використовуються ліхтарі, газові лампи. При недостатньому освітленні місця проведення робіт використовуються переносні лампи і трансформатор до них з вторинною напругою не вище 36 В [27].

Аварійне освітлення повинно забезпечувати на робочих поверхнях освітленість не менше ніж 5 % від нормативної. За системи загального освітлення рівень аварійного освітлення повинен бути не менше ніж 2 лк всередині приміщень.

Евакуаційне освітлення повинно забезпечувати освітленість на підлозі основних проходів, на землі та на сходах сходів не менше ніж 0,5 лк.

4.5 Захист від шуму та вібрації

Джерелом шуму є електроприводи обладнання. Згідно ДСН 3.3.6.037-99, допустимий рівень звуку у виробничих приміщеннях $L_n = 80$ дБ.

Для зменшення вібрації використовується віброізоляція, шляхом застосування пружинних і гумових прокладок, спеціальних підкладок під устаткування.

Також використовуються спеціальні кожухи, установлені на насосах, виконані із алюмінієвих листів. Як засоби індивідуального захисту використовуються противошумні шоломи або навушники [28].

4.6 Вимоги охорони праці в аварійних ситуаціях

При виникненні несправності обладнання необхідно: припинити його експлуатацію, а також подачу до нього електроенергії, води, доповісти про вжиті заходи безпосередньо керівнику або працівнику, відповідальному за безпечну експлуатацію обладнання, і діяти у відповідності з отриманими вказівками.

У випадку аварії необхідно: сповістити про небезпеку оточуючих, доповісти безпосередньому керівнику про те, що трапилося і діяти відповідно до плану ліквідації аварій; при нещасних випадках слід надати потерпілому першу долікарську допомогу.

Аварійні ситуації можуть виникнути при порушенні технологічного режиму неправильної експлуатації обладнання, поломки обладнання можуть призвести до аварій, вибухів, пожеж.

Можливі падіння людей з висоти 6м, тому вони огорожені перилами висотою до 1 м.

Головні причини аварійних ситуацій: порушення герметичності установок, прорив транспортних труб, припинення подачі технологічної води, захаращеність робочих місць, порушення технологічного режиму, відключення електроенергії, невиконання правил з техніки безпеки та інші.

4.7 Пожежна безпека

Причинами початку пожежі можуть стати такі фактори: розгерметизація обладнання, порушення ізоляції струмопровідних частин під час механічного пошкодження, старіння, вплив вологи, відкритий вогонь.

У виробничих приміщеннях, складах повинні бути вогнегасники, які призначені для ліквідації невеликих пожеж силами персоналу підприємства.

Кожен працівник повинен не тільки сам суворо дотримуватися правил пожежної безпеки, але і стежити за тим, щоб ці правила виконували інші.

При порушенні протипожежної безпеки на ділянці, у цеху необхідно негайно повідомити відповідальній особі.

На кожній ділянці, в цеху знаходяться інструкції з охорони праці за всіма видами виконуваних робіт, в яких конкретно вказані правила з проведення профілактичних заходів та способи боротьби з пожежами [29].

4.8 Заходи з охорони праці

Усім робітникам працювати в спецодязі згідно діючих норм.

По закінченню роботи спецодяг очистити від забруднень і залишити в побутовому приміщенні в розвішеному вигляді.

Зберігання спецодягу разом з чистою одягом забороняється.

Забороняється зберігати і приймати їжу на робочому місці. Прийом їжі проводити в спеціально відведеному місці.

У всіх виробничих будівлях повинні бути аптечки. Місця розташування засобів надання першої допомоги повинні знати всі, хто працює на очисних спорудах.

На всій території очисних споруд, а також у виробничих приміщеннях забороняється куріння, спалювання сміття та відходів, про що на видних місцях повинні бути попереджувальні написи.

У всіх будинках, біля споруд, всі проходи, евакуаційні шляхи, сходи, підступи до виробничого обладнання, до засобів зв'язку, пожежогасіння завжди повинні бути вільними. Двері на евакуаційних шляхах повинні вільно відкриватися в напрямку виходу з будівлі.

На робочих місцях повинні бути нанесені знаки безпеки, місця розташування яких зазначаються у технологічних планування і робочих інструкціях.

Проводити 1 раз на добу вологе прибирання робочих місць. Генеральне прибирання робити 1 раз на місяць.

5 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БІОПЛАТО ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ *FUCUS VESICULOSUS*

Метою економічного розділу кваліфікаційної роботи є визначення економічного ефекту, очікуваного від впровадження технології біоплато для очистки стічних вод від нафтопродуктів в умовах розглянутого промислового підприємства ВАТ «Інтерпайп НТЗ».

В економічній частині розраховувалися капітальні витрати на реалізацію технологічного рішення, експлуатаційні витрати на обслуговування водоочисного обладнання, економія екологічного податку за скиди забруднюючих речовин і економічний ефект від запропонованого рішення.

5.1 Розрахунок капітальних витрат

Капітальні витрати на реалізацію технологічного рішення наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Капітальні витрати на реалізацію технологічного рішення

Назва	Ціна, тис.грн.
Будівництво біоплато	42,32
Насос	4,5
Проектування	28,21
Разом:	75,03

5.2 Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати на обслуговування водоочисного обладнання складаються з витрат на електроенергію, на оплату праці, на амортизацію і закупівлю рослин та водоростей. У табл. 5.2 наведено розрахунок витрат на електроенергію.

Таблиця 5.2 – Розрахунок витрат на електроенергію

Обладнання	Потужність, кВт/ч	Тривалість зміни, годин	Число робочих днів в місяць, шт.	Число місяців у році, шт.	Ціна електроенергії, грн./кВт.	Вартість, тис. грн.
Насос	0,5	8	20	12	1,68	1,61

Для обслуговування пропонованого водоочисного обладнання в штатному розкладі передбачена одна штатна одиниця. Розрахунок витрат на оплату праці представлений в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Розрахунок витрат на оплату праці

Кількість обслуговуючого персоналу, чоловік	Ставка заробітної плати, тис. грн.	Число місяців у році, шт.	Разом, тис. грн.
1	5,0	12	60,0

Ставка нарахувань на заробітну плату з 24.12.2015 р. (розмір єдиного соціального внеску) $C_{\text{тн}}$ становить 22 % (див. ст.8 Закону України «Про збір та облік єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування» № 2464-VI від 08.07.2010 р. Розрахунок нарахувань на оплату праці наведено в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Розрахунок нарахувань на оплату праці

Назва	Значення
Фонд оплати праці, тис. грн.	60,0
Ставка нарахувань на заробітну плату, %	22
Сума єдиного соціального внеску, тис. грн.	13,2

Норма амортизаційних відрахувань визначається за довідковою літературою в залежності від типу вибраного обладнання. У таблиці 5.5

представлений розрахунок амортизаційних відрахувань на водоочисне обладнання.

Таблиця 5.5 – Розрахунок амортизаційних відрахувань на водоочисне обладнання

Обладнання	Ціна, тис. грн.	Ставка амортизаційних відрахувань, %	Річні амортизаційні відрахування, тис. грн.
Насос	4,5	15	0,67
Разом:	–	–	0,67

Таблиця 5.6 – Витрати на закупівлю водоростей *F. vesiculosus*

Витрати водоростей на очистку стоків, г/л	Об'єм стоків, що підлягають очистці, м ³	Річні витрати водоростей, т/рік	Ціна водоростей, грн/т	Витрати на закупівлю водоростей, тис. грн.
12	79000	0,95	280000	266,0

Підсумковий розрахунок щорічних експлуатаційних витрат на водоочисне обладнання представлений в таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Підсумкова сума щорічних експлуатаційних витрат на устаткування

Назва	Сума, тис. грн.
Витрати на електроенергію	1,61
Витрати на оплату праці	60,0
Нарахування на заробітну плату	13,2
Річні амортизаційні відрахування	0,67
Витрати на закупку водоростей	266,0
Разом:	341,48

5.3 Розрахунок економії екологічного податку

Економічний ефект від роботи запропонованого обладнання виникне в тому випадку, якщо щорічна сума економії екологічного податку за скиди нафтопродуктів буде більшою, ніж щорічні витрати на роботу обладнання.

У разі якщо під час провадження господарської діяльності платником податків здійснюються різні види забруднення навколишнього середовища і / або забруднення різними видами забруднюючих речовин, такий платник зобов'язаний визначати суму податку окремо за кожним видом забруднення та / або за кожним видом забруднюючої речовини.

Суми податку, який справляється за скиди забруднюючих речовин у водні об'єкти (P_c), обчислюються платниками самостійно щокварталу виходячи з фактичних обсягів скидів, ставок податку та коригуючих коефіцієнтів за формулою:

$$P_c = \sum_{i=1}^n (M_{li} \times N_{pi} \times K_{oc}),$$

(5.1)

де M_{li} – обсяг скидання і-тої забруднюючої речовини в тоннах (т);

N_{pi} – ставки податку в поточному році за тонну і-того виду забруднюючої речовини у гривнях з копійками;

K_{oc} – коефіцієнт, що дорівнює 1,5, який і застосовується в разі скидання забруднюючих речовин у ставки і озера (в іншому випадку коефіцієнт дорівнює 1).

Ставка податку за скиди нафтопродуктів у водні об'єкти становить 9474,05 грн./т.

Розрахунок екологічного податку за скидання забруднюючих речовин представлений в табл. 5.8.

Таблиця 5.8 – Розрахунок екологічного податку за скидання забруднюючих речовин

Назва забруднюючої речовини	Ставка податку, грн./т	До установки обладнання		Після установки обладнання		Різниця, грн./рік
		скид забруднюючих речовин, т/рік	сума екологічного податку, грн./рік	скид забруднюючих речовин, т/рік	сума екологічного податку, грн./рік	
Нафтопродукти	9474,05	9,84	93224,65	3,94	37289,86	55934,79

Таким чином, щорічна економія платежів за скиди нафтопродуктів складе 55934,79 грн.

5.4 Розрахунок економічного ефекту

Ефективність природоохоронного заходу розраховуємо за формулою 5.2:

$$E = P_{\text{вз}}^{\text{до}} - (P_{\text{вз}}^{\text{після}} + B_{\text{екс}}), \quad (5.2)$$

$P_{\text{вз}}^{\text{до}}$ – плата за скиди до впровадження заходу грн./рік;

$P_{\text{вз}}^{\text{після}}$ – плата за скиди після впровадження заходу, грн./рік.

$B_{\text{екс}}$ – експлуатаційні витрати, грн./рік.

$$E = 93,22 - (37,28 + 341,48) = -285,54 \text{ тис. грн./рік}$$

Таким чином, позитивний економічний ефект від запропонованого технологічного рішення не очікується. Проте, його впровадження буде мати значний екологічний і соціальний ефект.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі поставлена і вирішена актуальна науково-практична задача, що полягає в підвищенні рівня екологічної безпеки стічних вод металургійних підприємств за рахунок удосконалення системи очистки стічних вод від нафтопродуктів.

Для підвищення ефективності очистки стічної води в роботі було запропоновано інноваційну систему очищення води від нафтопродуктів.

Очищення стічних вод від нафтопродуктів запропоновано на основі методубіоплато з використанням водоростей *Fucus vesiculosus*, що має ефективність очистки 50-60 %. Отже, впровадженням даної схеми досягнута головна мета – зменшення концентрації нафтопродуктів у стічних водах до скидання їх у колектор і на очисні споруди.

На основі результатів проведеної роботи зроблені наступні висновки:

1. Дано оцінку впливу на навколишнє середовище нафтопродуктів, що входять до складу стічних вод підприємства. Визначені особливості їх впливу на довкілля.
2. Виконано аналіз сучасних та перспективних методів очистки стічних вод від нафтопродуктів і запропонована схема очищення стічних вод у біоплато з частковим використанням водоростей *Fucus vesiculosus*.
3. Використання на досліджуваному підприємстві запропонованого біоплато, яке відрізняється від відомих тим, що замість звичайних вищих рослин для очистки від нафтопродуктів використовуються водорості *Fucus vesiculosus* дозволить зменшити концентрацію нафтопродуктів у стічних водах з 2,6-6,8 мг/л до 1,04-2,7 мг/л.
4. Проаналізовані небезпечні та шкідливі виробничі фактори при роботі на очисних спорудах і рекомендовані заходи з мінімізації їхнього впливу на обслуговуючий персонал.
5. Розраховано капітальні витрати на запропоноване обладнання, витрати на електроенергію, оплату праці, закупку водоростей, а також економічну ефективність запропонованого технологічного рішення.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Сточные воды прокатных цехов и их очистка [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: URL:<https://studfile.net/preview/4385200/page:25/> – Загол. з екрану.
2. Аксенов В.И., Ладыгичев М.Г., Ничкова И.И., Никулин В.А., Кляйн С.Э., Аксенов Е.В. Водное хозяйство промышленных предприятий: Справочное издание: В 2-х книгах. Книга 1/ Под ред. В.И. Аксенова. – М.: Теплотехник, 2005. – 640 с.
3. Соловьев В.И., Кожанова Г.А. и др. Сорбенты и биопрепараты для ликвидации нефтяного загрязнения моря // Экологические проблемы Черного моря: Сб. науч. статей ОЦНТЭИ. – Одесса: ОЦНТЭИ, 2001. – с.287-293
4. Нельсон-Смит. А. Загрязнение моря нефтью / Нельсон-Смит. А. – Л.: Гидрометеиздат, 1973р.-122с.
5. Алексин О.А. Химия океана / О.А. Алексин, Ю.И. Ляхин. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 343с.
6. Сухарев С.М., Чундак С.Ю., Сухарева О.Ю. Технологія та охорона навколишнього середовища. Навчальний посібник для студ. вищих навчальних закладів. 2-е вид. – Львів: «Новий Світ – 2000», 2005 – 113с.
7. Белов С.В. Охрана окружающей среды. М. 1991, 319с.
8. Методы очистки сточных вод от нефтепродуктов [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: URL:<https://smekni.com/a/327147-4/metody-ochistki-stochnykh-vod-ot-nefteproduktov-4/>– Загол. з екрану.
9. Швецов В. М., Морозова К. М., Нечаев Н. А., Пушник М. Ю. Сучасні технології біологічного очищення нафтовмісних стічних вод. Водопостачання та санітарна техніка: матеріали наук.-практ. конф. 2002 р. С. 9-12.

10. Крилов І. О., Ануфрієва С. І., Ісаєв В. І. Установка доочищення стічних і зливових вод від нафтопродуктів. Екологія і промисловість: матеріали наук.-практ. конф., Москва, червень, 2002 р. С.17-20.
11. В Омане открыли новый способ очистки воды [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: URL:<https://www.meteoprog.ua/ru/news/34742-v-omane-otkryli-novyi-sposob-ocistki-vody.html> – Загол. з екрану.
12. Нетрадиционные способы очистки сточных вод [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: URL: <https://www.c-o-k.ru/articles/netradicionnye-sposoby-ochistki-stochnyh-vod> – Загол. з екрану.
13. Эйхорния для очистки сточных вод [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: URL:<https://prof-vodochistka.ru/tekhnologiya/ejkhorniya-dlya-ochistki-stochnykh-vod> – Загол. з екрану.
14. Е.С. Малышкина, Е.И. Вялкова, Е.Ю. Осипова. Использование природных сорбентов в процессе очистки воды от нефтепродуктов. 2019. №1. С.191.
15. В.Н. Кулепанов Очистка морских прибрежных акваторий от нефтяного загрязнения с помощью юводорослей-макрофитов. 2016. С. 17-20.
16. Сопрунова О.Б. Циано-бактериальные консорциумы в очистке сточных вод // Электронный журнал «Исследовано в России». 2005 а. URL: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2005/011.pdf>
17. Г.М. Воскобойников, Д.В. Пуговкин О возможной роли *Fucus vesiculosus* в очистке прибрежных акваторий от нефтяного загрязнения. Вестник МГТУ. 2012. №4. С. 716-721
18. Пат. 136037 РФ МПК С02F 3/32. Устройство для биологической очистки морских вод от техногенных загрязнений / Г.М. Воскобойников, М.В. Макаров; власник патенту Товариство з

- обмеженою відповідальністю «Плантація», Товариство з обмеженою відповідальністю «Сирена» і Федеральна державна бюджетна установа науки Мурманський морський біологічний інститут Кольського наукового центру Російської академії наук №2013137328/10; заявл. 08.08.2013; опубл. 27.12.2013, Бюл. № 36.
19. Чумаченко В. А., Карпенко М. В., Матов В. С., Железняк Н. И., Икол И. Т. Нижнеднепровский трубопрокатный завод 1891-2001. — Днепропетровск: Блицпринт, 2001. — 285 с.
 20. Абрамов Н.Н. Водоснабжение. Учебник для вузов. Изд. 2-е перераб. и доп. М., Стройиздат, 1974. 480 с.
 21. В.В. Станкевич, С.Б. Тарабарова, А.Ю. Береза Використання біоплато для доочищення стічних вод від малих населених пунктів. 2015. № 65. С. 108-11
 22. С.М. Маджд Досвід експлуатації гідрофітних споруд в Україні та світі. 2016. № 2 (30). С. 230-231
 23. Охрана труда та промислова безпека: навч. посібн. / Ткачук К.К., Зацарний В. В., Сабарно Р. В. та ін. — К.: Лібра, 2010. — 560с.
 24. Про затвердження Правил охорони праці під час експлуатації водопровідно-каналізаційних споруд [Електронний ресурс]. – 2007. – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1404-04>
 25. В. І. Голінько [та ін.] Моніторинг умов праці: підруч. / Держ. вищ. навч. закл. «Нац. гірн. ун-т». Дніпропетровськ: НГУ, 2014. 230 с.
 26. Грибан В. Г., Негодченко О. В. Охрана труда. Навч. посіб. 2ге вид.– К.: Центр учбової літератури, 2011. – 280 с.
 27. ДСТУ Б А.2.4.-18:2008 СПДС. Електричне освітлення території промислових підприємств. Робочі креслення
 28. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку [Текст]
 29. Одарченко М. С. Основи охорони праці: підручник / М.С. Одарченко. – Х.: Издат, 2017. – 334 с.